This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Stanford University Libraries
3 6105 006 855 014

LIBRARY OF THE
Leland Stanford Junior University
NOT TO BE TAKEN OUT OF THE LIBRARY.

Digitized by Google

The Hopkins Library
presented to the
Leland Stanford Junior University
by Timothy Hopkins.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

ARCHIV

FÜR DIE GESAMMTE

PHYSIOLOGIE

DES MENSCHEN UND DER THIERE.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. E. F. W. PFLÜGER,

ORD. ÖFFENTL. PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNVIERSITÄT
UND DIRECTOR DES PHYSIOLOGISCHEN INSTITUTS ZU BONN.

SECHSZEHNTER BAND.

MIT 8 TAFELN.

BONN, 1878.

VERLAG VON MAX COHEN & SOHN
(FR. COHEN).

Digitized by Google

HB 337

Digitized by Google

Inhalt.

Seite

Beiträge zur Kenntniss der Gefässinnervation. Hierzu Tafel I und II. (Aus dem physiologischen Institut zu Breslau.)

I. Ueber die Innervation der Muskelgefässe. Erste Versuchsreihe. Von P. Grützner und R. Heidenhain. 1

II. Ueber die Innervation der Muskelgefässe. Zweite Versuchsreihe. Unter Mitwirkung der Studirenden C. Alexander und A. Gottstein. Von R. Heidenhain 31

III. Einige Versuche und Fragen, die Kenntniss der reflectorischen Drucksteigerung betreffend. Von P. Grützner und R. Heidenhain. 47

Ueber die Wärmeentwickelung bei der Muskelzuckung. Von A. Fick. Nach Versuchen vom Verfasser und Dr. Karl Harteneck, Assistent am physiologischen Institute. (Aus dem physiologischen Laboratorium zu Würzburg.) 58

Beobachtungen über die Funktionen des Rückenmarks der Schlangen. Von K. Osawa und E. Tiegel. (Aus dem physiologischen Laboratorium zu Tokio in Japan.) 90

Eine einfache Methode zur Messung der Körpertemperatur. Von Dr. Ernst Oertmann. 101

Ueber Bildung und Ausscheidung von Fermenten. Von Dr. P. Grützner. (Aus dem physiologischen Institut zu Breslau.) 105

Folgen der Unterbindung des Pancreasganges bei Kaninchen. Von S. Pawlow aus St. Petersburg. Hierzu Tafel III. (Aus dem physiologischen Institut zu Breslau.) 123

Mittheilung zweier einfachen Methoden, den Zuckergehalt der Milch zu bestimmen. Von Richard Gscheidlen. (Aus dem physiologischen Institute zu Breslau.). 131

Ueber die Secretion der Niere. Von Dr. Moritz Nussbaum. . 139

Digitized by Google

Seite

Ueber die Secretion des humor aqueus in Bezug auf die Frage nach den Ursachen der Lymphbildung. Von Cand. med. Joseph Chabbas aus Wilna in Russland. (Aus dem Laboratorium des Herrn Prof. A. Gruenhagen in Königsberg i. Pr.) 143

Ueber die Wirkung und Umwandlung des Glycerins im thierischen Organismus. Von P. Plósz. 153

Zur Kenntniss der physiologischen Wirkungen des Curaregiftes. Von Dr. Giuseppe Colasanti aus Rom. (Physiologisches Laboratorium in Bonn.) 157

Beiträge zur Physiologie des Pancreas. Von M. Affanassiew und Joh. Pawlow aus St. Petersburg. 173

Ein Vorlesungsversuch mittelst des Fernsprechers (Telephons). Von Prof. Fr. Goltz. (Aus dem physiologischen Laboratorium des Herrn Prof. Goltz in Strassburg i. E.) 183

Untersuchungen über die Actionsströme des Muskels. Von L. Hermann. Mit 1 Holzschnitt. (Aus dem physiologischen Laboratorium in Zürich.) 191

Zur Lehre vom Einflusse der Reizstelle und Reizstromrichtung im Nerven. Von L. Hermann. (Aus dem physiologischen Laboratorium in Zürich.) 262

Notiz über das Telephon. Von L. Hermann. (Aus dem physiologischen Laboratorium in Zürich.) 264

Experimenteller Beitrag zum Nachweis des Accommodationsmechanismus der Blutgefässe. Von Joh. Pawlow. (Aus dem physiologischen Laboratorium von Prof. Ad. C. Ustimowitsch in St. Petersburg.) 266

Ueber die reflectorische Hemmung der Speichelabsonderung. Von Joh. Pawlow. (Aus dem physiologischen Laboratorium von Prof. Ad. C. Ustimowitsch in St. Petersburg.) 272

Ueber den Stickstoffgehalt der Pflanzen-Eiweisskörper nach den Methoden von Dumas und Will-Varrentrapp. Von Hans Settegast; mitgetheilt von H. Ritthausen. (Aus dem agricultur-chemischen Laboratorium der Universität Königsberg i. Pr.) 293

Ueber die Zusammensetzung der Proteinsubstanz der Bertholletia-(Para-)Nüsse. Von H. Ritthausen. 301

Digitized by Google

Seite

Ueber die Zusammensetzung des Eisenniederschlages aus menschlichem Harn zur Abwehr gegen J. L. W. Thudichum von Dr. E. Salkowski, Prof. e. o. in Berlin. 306

Ueber telephonisches Hören mit mehrfachen eingeschobenen Inductionen. Von L. Hermann. (Aus dem physiologischen Laboratorium in Zürich.) 314

Das Verhalten der physiologischen Reactionszeit unter dem Einfluss von Morphium, Caffée und Wein. Untersuchungen von M. J. Dietl und M. v. Vintschgau. (Aus dem physiologischen Institute zu Innsbruck.) Nebst Tafel IV und V. . . 316

Zur Kenntniss von der Regeneration in der Netzhaut. Von Prof. Sigm. Exner, Assistenten am physiologischen Institute in Wien 407

Ueber den Actionsstrom der Muskeln im lebenden Menschen. Von L. Hermann. (Aus dem physiologischen Laboratorium in Zürich.) 410

Einfache Methode, Blutkrystalle zu erzeugen. Von Richard Gscheidlen. (Aus dem physiologischen Institute zu Breslau.) 421

Studien über die automatische Thätigkeit des Athemcentrums und über die Beziehungen desselben zum Nervus vagus und anderen Athemnerven. Von Dr. R. Burkart, pract. Arzt etc. Nebst Tafel VI und VII 427

Notiz über den Einfluss der Vagusreizung auf die Athmung. Von Dr. Ottomar Rosenbach in Breslau 502

Ueber electrophysiologische Verwendung des Telephons. (Anhang zu den Untersuchungen über die Actionsströme.) Von L. Hermann. (Aus dem physiologischen Laboratorium in Zürich.) . 504

Zur Kenntniss der Functionen des Rückenmarkes. Von Dr. B. Luchsinger, Professor der Physiologie an der Thierarzneischule; Assistent am physiol. Laboratorium in Zürich. (Physiologisches Laboratorium in Zürich.) Hierzu Taf. VIII. . . 510

Die Schweissfasern für die Vorderpfote der Katze. Von B. Luchsinger. (Physiologisches Laboratorium in Zürich.) . . . 545

Ueber die Quelle und Bedeutung des Fruchtwassers. Vorläufige Mittheilung von Prof. N. Zuntz. (Aus dem thierphysiologischen Laboratorium der landwirthschaftlichen Akademie zu Poppelsdorf.) 548

Digitized by Google

Seite

Ueber die Empfindlichkeit der essigsauren (und ameisensauren) Kupfersalze als Reagentien auf Traubenzucker. Von Prof. Worm Müller. (Aus dem physiologischen Institute zu Christiania in Norwegen.) 551

Ueber das Verhalten des normalen Harns zu essigsaurem und schwefelsaurem Kupferoxyd und zum Barfoed'schen Reagenz. Von Prof. Worm Müller. (Aus dem physiologischen Institute zu Christiania in Norwegen.) 562

Die Titrirung des Traubenzuckers im menschlichen Harne und in thierischen Flüssigkeiten überhaupt. Von Prof. Worm Müller und Assistent J. Hagen. (Aus dem physiologischen Institute zu Christiania in Norwegen.) 567

Untersuchungen über den Austritt und Eintritt von Stoffen (Transsudation und Diffusion) durch die Wand der Haargefässe. Von Hermann Nasse in Marburg 604

Digitized by Google

(Aus dem physiologischen Institut zu Breslau.)

Beiträge zur Kenntniss der Gefässinnervation [1]).

(Hierzu Tafel I und II.)

I.

Ueber die Innervation der Muskelgefässe.

Erste Versuchsreihe.

Von

P. Grützner und **R. Heidenhain.**

Trotz der mühevollen, unter C. Ludwig's bewährter Leitung

1) Nachdem in der Arbeit von Ostroumoff über die Hemmungsnerven der Hautgefässe (dieses Archiv Bd. XII. S. 221) erwiesen worden war, dass bei electrischer Reizung sensibler Nervenstämme an jenen Gefässen in Folge reflectorischer Erregung bestimmter ihnen zugehöriger Nerven weit verbreitete Erweiterung auftrete, warf sich die interessante Frage auf, welche Gefässbezirke denn eigentlich an der durch die sensible Reizung herbeigeführten arteriellen Drucksteigerung durch reflectorische Einwirkung auf ihre Verengerungsnerven betheiligt seien. Dass hierher die Gefässe der Unterleibseingeweide gehören, konnte nach sicheren Erfahrungen früherer Beobachter nicht im Mindesten zweifelhaft sein; dagegen war die Stellung der Muskelgefässe, die ja doch der grossen Masse der Musculatur wegen eine wichtige Rolle in dem Gesammtkreislaufe spielen müssen, eine durchaus fragliche. Um diese Lücke in unseren Kenntnissen zu ergänzen, habe ich im Winter 1876/77 mit meinem Assistenten Herrn Dr. P. Grützner und im verflossenen Sommer mit den Studirenden C. Alexander und A. Gottstein Versuche nach zwei verschiedenen Methoden angestellt, welche, in ihren Resultaten unter einander im Wesentlichen übereinstimmend und sich ergänzend, den Inhalt der beiden ersten Abschnitte der folgenden Mittheilung bilden. In einem dritten Abschnitte lege ich eine Reihe von Erfahrungen vor, die ich in Verbindung mit Herrn Dr. Grützner über die reflectorische Erregung der Gefässnerven im Allgemeinen gewonnen habe, mehr geeignet, neue Untersuchungen anzuregen, als abschliessende Resultate mitzutheilen. Ihres fragmentarischen Charakters

Digitized by Google

angestellten Untersuchungen von Sadler[1]), Hafiz[2]) und Gaskell[3]) ist die Abhängigkeit der Muskelgefässe von dem Einflusse der Nerven noch keineswegs hinreichend in's Klare gestellt. Die Schwierigkeiten, welche jene Beobachter bei ihren Untersuchungen fanden, rühren zum nicht geringen Theile daher, dass sie als Angriffsobjecte für die Beeinflussung des Blutlaufes in den Muskeln das Rückenmark (Hafiz) oder die zu den Muskeln tretenden motorischen Nervenstämme (Sadler, Gaskell) wählten, Bahnen also, welche nicht bloss die Fasern für die glatten Muskeln der Gefässe, sondern auch die Fasern für die quergestreiften Muskelbündel selbst enthielten. Bei nicht curarisirten Thieren musste mithin jede Reizung auf den Blutstrom in doppelter Weise wirken: unmittelbar durch die Gefässnerven und ihren Einfluss auf die Lichtung der Gefässe, mittelbar durch die musculomotorischen Nerven und ihren Einfluss auf die Gestalt des Muskels, deren Veränderung erhebliche Widerstandsänderungen für die in den Blutcanälen strömende Flüssigkeit herbeiführte. Bei curarisirten Thieren aber vermissten Sadler wie Gaskell jeden Einfluss der Nervenreizung auf die Strömungsvorgänge im Muskel, — überraschend genug, da die Gefässnerven anderer Körpertheile auch bei einer bis zu völliger Muskellähmung getriebenen Curara-Narcose bekanntlich ihre Schuldigkeit noch im vollsten Maasse thun.

Von der berührten Verwicklung konnte die Untersuchung frei werden, wenn es gelang, Nervenbahnen aufzufinden, in welchen die Gefässnerven der Muskeln unabhängig und isolirt von ihren motorischen Nerven verliefen. Die Hoffnung dazu schöpften wir aus der Erfahrung, dass in dem Bauchsympathicus die Gefäss-

---

wegen würde ich manche der letzteren Beobachtungen noch zurückgehalten haben, wenn ich irgend welche Aussicht hätte, dieselben in naher Zeit vervollständigen zu können. R. H.

1) W. Sadler, über den Blutstrom in den ruhenden, verkürzten und ermüdeten Muskeln des lebenden Thieres. Berichte der mathem.-phys. Classe der Kgl. sächs. Gesellsch. der Wissensch. zu Leipzig. Jahrg. 1869. S. 189.

2) Mohammed Effendi Hafiz: Ueber die motorischen Nerven der Arterien, welche innerhalb der quergestreiften Muskeln verlaufen. Ebendas. 1870. S. 215.

3) Dr. W. H. Gaskell: Ueber die Aenderungen des Blutstromes in den Muskeln durch die Reizung ihrer Nerven. Arbeiten der physiol. Anstalt zu Leipzig. XI Jahrg. 1876.

Digitized by Google

nerven der Haut der Hinterextremität angetroffen werden[1]); möglich, dass dieser auch die Gefässnerven für die Musculatur derselben oder mindestens des Unterschenkels enthielt.

Bevor wir die Versuche darlegen, welche diese Vermuthung bestätigten, wird es nothwendig sein, über unsere experimentelle Methode Einiges beizubringen.

Methode der Untersuchung.

Bekanntlich hat für die Erforschung der Innervation der Hautgefässe die Messung der Hauttemperatur die vorzüglichsten Dienste geleistet. Gleiches war für die Ermittlung der Abhängigkeit der Muskelgefässe von ihren Nerven zu erwarten, wenn man passende experimentelle Bedingungen herstellte. Die normale Temperatur der von der Haut bedeckten Muskeln nähert sich der Aortentemperatur um so mehr, je tiefer dieselben liegen[2]), und kann an Stellen, die in grösserer Entfernung von der Hautoberfläche befindlich sind, dieselbe sogar übertreffen. In jedem Falle sind die Differenzen der Muskel- und der Aortentemperatur unter normalen Verhältnissen so gering, dass eine Vermehrung oder Verminderung des Blutzuflusses zu den Muskeln nur kaum merkliche Temperaturschwankungen herbeizuführen im Stande ist, unter allen Umständen nur innerhalb so enger Grenzen, das sichere Beobachtungen und Schlüsse schwer möglich sein dürften. Anders, wenn man den Muskel durch Entfernung der Haut bloslegt und der Abkühlung aussetzt. Sobald seine Temperatur einige Grade unter die des Aortenblutes gesunken ist, was in den oberflächlichen Schichten sehr schnell geschieht, hat jede Vermehrung des Blutzuflusses ein Ansteigen, jede Verminderung ein Sinken zur Folge, — kurz, es treten jetzt physikalische Bedingungen, wie an der Hautoberfläche, ein und damit die Möglichkeit, die Temperaturmessung methodisch für die Controlle des Blutstromes zu verwenden.

Die Messung haben wir theils mittelst empfindlicher Thermometer, in einer grossen Zahl von Fällen aus guten Gründen mittelst thermoelectrischer Apparate angestellt. Wenn wir uns trotz der viel grösseren Umständlichkeit mit Vorliebe der letzteren

---

1) Ostroumoff, a. a. O. S. 262.

2) Körner, Beiträge zur Temperaturtoxographie des Säugethierkörpers. Diss. Breslau 1871. S. 61 u. 62.

Digitized by Google

Methode bedient haben, so geschah dies wesentlich, um uns gegen nahe liegende Einwände sicher zu stellen. Ein auch noch so schlankes thermometrisches Quecksilbergefäss kann man in das Innere eines Muskels kaum ohne umfangreiche und mit Blutungen verknüpfte Verletzungen einführen. Wenn man das Messinstrument aber zwischen zwei Muskeln oder zwischen Muskeln und Knochen lagert, ist dasselbe zunächst von mehr oder weniger dicken Bindegewebsschichten umgeben; es lässt sich aber von vornherein nicht mit Sicherheit beurtheilen, ob Temperaturschwankungen des Thermometers, welche auf gewisse experimentelle Eingriffe folgen, von einer Aenderung des Blutstromes in dem Bindegewebe oder in den Muskeln herrühren. Solchen Bedenken ist man nicht ausgesetzt, wenn man eine dünne Thermonadel in das Innere des Muskels einsenkt. Nachdem wir durch lange Beobachtungsreihen mit der letzteren Versuchsweise das Verhalten der Muskelgefässe kennen gelernt, haben wir uns freilich überzeugt, dass die thermometrische Messung dieselben Resultate liefert; wir sind aber trotzdem aus später sich ergebenden Gründen in der Regel bei der thermoelectrischen Messung stehen geblieben.

Ueber die Letztere Ausführlicheres zu sagen, könnte überflüssig erscheinen, da bei früherer Gelegenheit[1]) die in dem hiesigen Institute benutzten thermoelectrischen Hülfsmittel besprochen worden sind. Allein bei den jetzigen Versuchen sind einerseits gewisse Abänderungen getroffen worden; andererseits sind seit jener Zeit in der Literatur thermoelectrische Versuche beschrieben worden, welche mancher nothwendiger Vorsichtsmassregeln entbehren, so dass einige Notizen über unsere Methode nicht überflüssig sein dürften.

Als Thermogalvanometer diente eine Spiegelbussole aus der Werkstätte des Herrn O. Plath in Berlin, mit du Bois' neuer Astasirungsvorrichtung versehen. Der Astasirungsgrad war bei allen Versuchen nur ein mässiger, da wir bei den Temperaturbestimmungen über 0,01° C. nicht hinauszugehen beabsichtigten.

Die Thermoelemente waren aus Stahl- und gut ausgeglühtem Neusilberdrath angefertigt, in der Weise, dass an die beiden Enden des 2 M. langen Neusilberdrathes zwei ebenfalls 2 M. lange stäh-

1) Körner, Beiträge zur Temperaturtoxographie des Säugethierkörpers. Breslau 1871. S. 7.

Digitized by Google

lerne Klaviersaiten angelöthet wurden. Dabei ist auf möglichst geringe Ausdehnung der Löthstelle zu sehen, denn bei grösseren an einander gelötheten Flächen liegt immer die Möglichkeit vor, dass die verschiedenen Puncte derselben ungleiche Temperatur annehmen, wodurch zu theilweiser Ausgleichung der Thermoströme innerhalb der Löthung selbst Gelegenheit gegeben wird. Die Löthstelle verbindet nicht die äussersten Enden beider Dräthe; es ragt vielmehr der Stahldrath um etwa 2 Mm. über die Löthung vor und ist hier zu der Dünne einer feinen Nadel zugeschliffen, was die Einführung des Thermoelementes in die thierischen Theile wesentlich erleichtert. Von den Löthstellen ab sind die Dräthe zunächst durch Umwicklung mit Seide und Firnissen mit Schellack auf eine Strecke von 20 Ctm. auf das Sorgfältigste von einander isolirt und in eine Glasröhre eingelassen, über welche die Löthstelle 1 Ctm. weit hinausragt. Auf der andern Seite der Glasröhren ist die Isolation der Dräthe durch Gummiröhren bewerkstelligt. Die grösste Schwierigkeit macht immer die Isolation der Löthstelle selbst, welche natürlich nicht nackt in die feuchten thierischen Theile versenkt werden darf, wenn nicht zu Verwicklungen des thermoelectrischen Strömungsvorganges durch die Entstehung contactelectrischer Ströme und deren theilweise Ausgleichung durch die Bussole Gelegenheit gegeben werden soll. Wir finden diesen wichtigen Punct in manchen neueren thermophysiologischen Arbeiten nicht erwähnt und fürchten deshalb fast, dass er übersehen worden ist. Die Schwierigkeit ausreichender Isolation der Löthstelle durch eine möglichst dünne Schicht eines Firnisses oder Lackes, welcher innerhalb des feuchtwarmen Versuchsortes kein Wasser anziehn und bei der Einführung nicht abblättern darf, ist in unserm Institute erst überwunden worden, nachdem eine grosse Reihe von Materialien vergebens durchprobirt worden war. Alles Erforderliche leistet Schellack, wenn er nicht in alcoholischer Lösung verwandt wird — der nach der Verdunstung des Alcohol zurückbleibende Ueberzug der Löthstelle blättert theils beim Einsenken der Nadeln in den thierischen Theil leicht ab, theils zieht er bei längerem Verweilen in demselben Wasser an, was man an einer starken weisslichen Trübung der ursprünglich durchsichtigen Schicht erkennt —, sondern in geschmolzenem Zustande auf die vorsichtig erwärmte Löthstelle aufgetragen und an dieselbe angeschmolzen wird.

Digitized by Google

Zwischen den Thermomultiplicator und die Thermoelemente waren ein Gyrotrop und ein Apparat zur Schliessung des Thermokreises eingeschaltet. Beide standen unter Schutzkästen, deren Oeffnungen und Ritzen mit Watte sorgfältig verstopft waren, und beide wurden von dem Beobachter nur aus der Entfernung gehandhabt, der Gyrotrop mittelst einer an seinem Bügel befestigten hölzernen Stange, der Schliessungshebel mittelst einer Schnur. Endlich waren alle Leitungen sowie ganz namentlich alle Klemmschrauben sorgfältigst mit Watte umhüllt, um jede plötzliche Temperaturschwankung auszuschliessen. Wie störend solche werden können, wird jeder Beobachter, der jene Vorsichtsmassregeln unterlässt, bald zu bemerken Gelegenheit haben. Es kann der Einfluss dieser Fehlerquellen sehr verringert werden, wenn man, wie alle Leitungsdräthe, so auch alle Klemmschrauben aus Kupfer anfertigen lässt.

Zur Nervenreizung wandten wir den Magnetelectromotor an. Selbst nach Entfernung der Eisenkerne aus der primären Rolle mussten wir denselben in grosser Entfernung von der Bussole in einem Nebenzimmer aufstellen, weil die Magnetisirung und Demagnetisirung des kleinen Electromagneten erhebliche Stellungsänderungen des Bussolspiegels herbeiführt. Endlich müssen die Dräthe des secundären Kreises, welche zu dem Nerven gehen, in hinreichender Entfernung von denen des Thermokreises und in passender Richtung geführt werden, um jede Inductionswirkung auf letzteren auszuschliessen. —

Für die Bestimmung der Temperatur des Muskels, in welchen die eine Löthstelle versenkt wird, ist es erforderlich, die andere Löthstelle in eine Umgebung von constanter oder doch nahezu constanter, bekannter Temperatur zu bringen. Die Erfüllung dieser Bedingung ist immer mit gewissen Schwierigkeiten verknüpft. Die als constant anzusehende Temperatur schmelzenden Eises oder kochenden Wassers lässt sich nicht verwenden, weil sie von der Temperatur des Thierkörpers zu weit entfernt liegt: es würde sofort eine Ablenkung des Thermogalvanometers eintreten, welche die Scala aus dem Gesichtsfelde führt und jede fernere Beobachtung unmöglich macht. Jacobson hat mit Vortheil als constante Wärmequelle ein Petroleumbad angewandt[1]) was gewiss bei sorg-

1) Virchow's Archiv, Bd. 51. S. 2.

Digitized by Google

samer Regulirung der Erwärmung vollkommen zweckentsprechend ist. Das Gleiche können wir nicht von dem Verfahren von Eulenburg und Landois[1]) sagen, welche der einen Löthstelle eine constante Temperatur dadurch zu ertheilen suchten, dass sie dieselbe der Stralung einer gleichmässig brennenden Lampe aussetzten. Wir besitzen über die Schwierigkeit, durch Stralung eine wirklich constante Temperatur thermoelectrischer Apparate herzustellen, ausgiebige Erfahrungen, welche uns gezeigt haben, dass zur Erreichung dieses Zweckes sehr complicirte Vorrichtungen nothwendig sind, wenn eine wirklich zuverlässige Beständigkeit erreicht werden soll, viel verwickelter, als Eulenburg und Landois sie angewandt haben und als sie für Versuche, wie die vorliegenden zweckmässig sein würden. Ueberdies ist es auf diese Weise nicht möglich, die absoluten Temperaturen des Messungsortes festzustellen, man ist vielmehr auf die Beobachtung von Temperaturschwankungen beschränkt, die uns für unsere Zwecke nicht genügten.

Nach einigen Vorversuchen haben wir uns dafür entschieden, als Vergleichsort für die Muskeltemperatur den Mastdarm des Versuchsthieres zu wählen. Die Temperatur desselben ändert sich im Allgemeinen nur langsam innerhalb verhältnissmässig enger Grenzen, und diese Aenderungen können mit Hülfe eines empfindlichen Thermometers leicht controllirt werden. Zu diesem Zwecke banden wir die für den Mastdarm bestimmte Thermosonde und ein empfindliches Thermometer parallel neben einander unverrückbar in der Weise zusammen, dass das Quecksilbergefäss und die Löthstelle der Thermosonde einander berührten, schoben die vereinigten Apparate tief in das Rectum hinein und befestigten sie so, dass sie gegen Verrückungen möglichst gesichert waren. Dadurch wurde es erreicht, der Löthstelle eine der Muskeltemperatur nahe stehende Temperatur von in jedem Augenblicke an dem Thermometer ablesbarer Höhe zu ertheilen.

Es ist schon oben erwähnt worden, dass das Thermogalvanometer nur in mässigem Grade astasirt war. Immerhin war die Astasie doch ausreichend, um nicht unerhebliche Aenderungen der Gleichgewichtslage des Magneten während längerer Beobachtungsreihen zu Stande kommen zu lassen. Diesen Schwankungen trugen

1) Virchow's Archiv, Bd. 66, S. 493.

Digitized by Google

wir dadurch Rechnung, dass wir bei jeder Beobachtung zwei Ablesungen machten, den Strom in zwei entgegengesetzten Richtungen durch die Bussole sendend. Bezeichnet w_1 und w_2 die beiden Fernrohrablesungen bei den beiden Lagen des Gyrotropen (s. oben), so ist $\frac{w_1 + w_2}{2}$ die mittlere Gleichgewichtslage des Magneten während der für die Bestimmung von w_1 und w_2 nothwendigen Zeit, d. h. der berechnete Nullpunct des Galvanometers, der ab und zu mit dem wirklichen Nullpuncte verglichen wurde. Die beiden Ablesungen w_1 und w_2 wurden immer in je zwei aufeinander folgenden Minuten gemacht. Wenn während dieser Zeit die thermische Differenz der beiden Löthstellen sich erheblich änderte, was bei Aenderungen des Blutstromes im Muskel stets geschah, musste der Werth $\frac{w_1 + w_2}{2}$ von dem empirisch abgelesenen Nullpuncte merklich abweichen, — was die späteren Tabellen oft genug zeigen werden. —

Die Berechnung der Temperatur des Muskels gestaltet sich nun folgendermassen. Es sei $\frac{w_1 + w_2}{2} = v$ die mittlere Gleichgewichtslage des Magneten während der Beobachtungszeit; dann ist $w_1 - v = v - w_2 = a$ die Ablenkung des Galvanometers durch den thermoelectrischen Strom in Scalengraden, wenn auf der Scala die Zahlen von w_1 nach w_2 hin sinken. Bezeichnet ferner tr die Temperatur des Mastdarmes in Celsiusgraden, tm die des Muskels und c die thermoelectrische Constante der ganzen Vorrichtung, d. h. den einem Scalengrade entsprechenden Temperaturunterschied der beiden Löthstellen, so ist

$$tm = tr - ac.$$

Diese Berechnung gibt nicht die wirkliche Temperatur für die Mitte der Zeit zwischen den beiden Ablesungen w_1 und w_2 wenn in dieser Zeit die Temperaturdifferenz der Löthstellen sich wesentlich ändert, also auch $\frac{w_1 + w_2}{2}$ nicht die wirkliche Gleichgewichtslage darstellt. Immerhin aber giebt tm eine Temperatur an, welche der Muskel in der zwischen den Bestimmungen w_1 und w_2 verflossenen Zeit zu irgend einem Moment gehabt hat, und das reicht für die Zwecke der Versuche vollständig aus.

Schliesslich wollen wir nicht unerwähnt lassen, dass wir

Digitized by Google

neben der Temperatur des msc. gastrocnemius stets die der gleichseitigen Pfote durch Einlegen eines Thermometers zwischen die mittleren Zehen gemessen haben. Wir wünschten, da wir die Bedingungen der Aenderung des Blutstromes in der Interdigitalmembran aus der Arbeit Ostroumoff's genau kannten, an dieser Messung eine Controlle dafür zu haben, dass unsere experimentellen Eingriffe (Nervenreizungen u. s. f.) überhaupt wirksam waren. Blieben sie ohne Einwirkung auf den Hautblutstrom, so liess sich auch eine solche auf den Muskelblutstrom kaum erwarten.

Versuchsergebnisse.

I. Reizung des Bauchsympathicus setzt die Temperatur des msc. gastrocnemius herab.

1. **Thermometrische Beobachtung.** Versuch vom 29. Jan. 1877. Bei einem curarisirten Hunde wird der linke Bauchsympathicus dicht oberhalb der Theilungsstelle der Aorta freigelegt, durchschnitten, sein unteres Ende in einer mit der secundären Rolle eines Magnetelectromotors in Verbindung stehenden Electrodenröhre befestigt, die Bauchwunde geschlossen. Sodann wird ein Thermometer zwischen den mittleren Zehen der linken Pfote fixirt, um diejenigen Stromstärken zu ermitteln, bei deren Einwirkung auf den Sympathicus die Pfotentemperatur stetig sinkt. Es ergab sich bei diesem Vorversuche die Temperatur der Pfote, in Zwischenräumen von je 1 Min. abgelesen, wie folgt:

Vor der Reizung des Sympathicus: 35,30—30—30—30.

Während der Reizung: (240—215[1]) 35,30—(210—205) 35,30—(200) 35,25—(195) 35,20—(190) 35,21—(175) 35,21—(170) 35,19—(165) 35,16—(160) 35,07—(155) 35,07—(140) 35,07—(130) 34,89—34,69—(129) 34,52—34,40.

Nach der Reizung: 35,45—35,61—35,72 u. s. f.

Es zeigte sich also, dass mit Sicherheit und um grössere Werthe die Pfotentemperatur erst von dem Schlittenstande 130 ab herunterging. Nunmehr wird durch Abpräpariren der Haut die Innenfläche des m. gastrocnemius blosgelegt, der Muskel an einer kleinen Stelle von dem Knochen losgelöst und das Thermometer mit seinem Quecksilbergefäss zwischen Muskel und Knochen gelagert. Es ergaben sich folgende Temperaturwerthe.

Vor der Reizung: 34,00—20—30—35—35.

Während der Reizung (Schlittenstand 129 bis 120): 34,20—10—33,90—83—70—61—49—40—30.

Nach der Reizung: 33,29—48—60—70—76—80—88—87.

---

1) Die eingeklammerten Zahlen bezeichnen den Abstand der secundären Rolle von der primären in Millimetern. Bei 0 sind beide Rollen über einander geschoben.

Digitized by Google

Während einer zweiten Reizung (Schl. 120—111): 33,76—69—63—50—48—39—30—23—12—02—32,98—88—81—73—70.

Nach der Reizung: 32,69—76—87—96—33,01—10—21—29—30.

Während einer dritten Reizung (Schl. 111—100): 33,21—10—00—32,90—81—71—60—50—40—30—20—11—02.

Nach der Reizung: 31,98—32,00—10—18—23 u. s f.

2. Thermoelectrische Beobachtungen. Von den zahlreichen, unter sich vollkommen übereinstimmenden Versuchen heben wir an dieser Stelle nur einen als Beispiel heraus.

Versuch vom 9. März 1877. Curarisirter Hund; linker Bauchsympathicus präparirt und mit Electroden versehen. Eine Thermosonde mit einem Thermometer im Mastdarm fixirt (s. oben die Beschreibung der Methode), die andre Löthstelle in den in mässiger Ausdehnung blosgelegten linken Wadenmuskel gesenkt. Ein Thermometer zwischen den mittleren Zehen der linken Pfote. Ablesung der Thermometer wie des Thermomultiplicators in Zwischenräumen von je 1 Minute; letztere bei alterirender Lage des Gyrotropen (w_1 und w_2). In der Tabelle bedeutet n_1 die berechnete mittlere Gleichgewichtsstellung des Bussolmagneten $\left(= \frac{w_1 + w_2}{2}\right)$; n den bei offenem Thermokreise abgelesenen Nullpunkt; a die Ablenkung des Thermogalvanometers in Scalengraden ($= w_1 - n_1 = n_1 - w_2$), tg die Temperatur des Gastrocnemius ($= tm - a.0{,}013$, da 0,013° C. die durch eine Anzahl von Vorversuchen bestimmte Temperaturdifferenz beider Löthstellen bei einer Ablenkung von einem Scalengrade war).

Zeit.	t_m Temperatur des Mastd.	t_p Temp der linken Pfote.	w_1	w_2	$n_1 \left(= \frac{w_1 + w_2}{2}\right)$	n	a	t_g $(= t_m - a.0{,}013)$.	Stand des Schlittens.	Bemerkungen.
9h 51	37,07	36,21	557,5		472,75	473	84,75	35,97		
52	08	22		388						
53	08	21	548		472,5		75,5	36,10		
54	08	21		397						
55	06	21	543		471,5		71,5	36,13		
56	06	20		400						
57	05	20	539		471,5		67,5	36,17		
58	05	19		404						
59	04	35,80		393,5	478,25		84,75	35,93	Mm. 130	Reizung des
10h	02	36	563							Sympathicus.
1	01	34,98		379	475		96	76	128	
2	01	95	571							
3	00	98		371,5	473,25		101,75	67	126	
4	36,99	98	575							
5	99	75		364			109,25*	57	124—122	*Berechnet
6	99	80		357	471,5		114,5	49	120	mit 473,25
7	98	50	586		466,5		118,75	44	118	als Nullp.
8	98	67		347,5					115	Schl. d. Reiz. Während ders. schwitzt die Pfote.

Digitized by Google

Zeit.	t_m	t_p	w_1	w_2	n_1	n	a	t_e	Schlit.	Bemerkungen.
10h 9	36,98	34,81		350	460,5		110,5	35,51		
10	92	35,19	571							
11	89	29		362	466,5		104,5	53		
12	89	30	568							
13	89	35		365,5	458,5		93	67		
14	89	39	551,5							
15	87	49		369	456,5		87,5	72		
16	86	56	544							
17						459				
18	80	50	533		459		74	83		
19	79	45		385						
20	78	42	531		457,25		73,5	82		
21	77	42		383,5						
22	77	34,90		375	456,5		81,5	71	120	Reizung des Sympath.
23	77	61	538							
24	77	46		369	457		88	63	118	
25	77	32	545						116	
26	77	25		363	455,5		92,5	57		
27	77	10	548						114	
28	77	33,99		354	453,5		99,5	48	112	
29	77	61	553						109	
30	77	30		347	453,5		106,5	39	103	
31	77	32,75	560							
32	77	32		338	452		114	29	106	
33	77	31,88	566						98	
34	76	59		328	449,25		121,5	19	93	
35	76	22	570,5						90	
36	75	30,55		321	448,5		127,5	11		
37	75	00	576							Schl. d. Reiz. Wiederum Schweiss-secretion.
38	70	29,80	570		450,5		119,5	14		
39	69	62		331						
40	68	57	552		449		103	28		
41	63	50		346						
42	63	50	538		444,75		93,25	42		
43	63	55		351,5						
44	61	59	530		443,5		86,5	47		
45	58	60		357						
46	57	69	526		444		82	51		
47	57	75		362						
48	56	91	518		441,25		76,75	56		
49	55	30,19		364,5						
50	52	27	514		439		75,0	53		
51	52	40		364						
52	50	60		357	438,5		81,5	44	100	Reizung des Sympath.
53	50	31,00	520						98	
54	50	23		349	436,5		87,5	36	95	
55	50	30	524						93	
56	48	19		341	433,5		92,5	24	91	

Digitized by Google

Zeit.	t_m	t_p	w_1	w_2	n_1	n	a	t_g	Schlit.	Bemerkungen.
10h 57	36,40	30,70	526						86	
58	40	85		337	431		94	35,18	83	
59	40	50	525							
11h	39	29,95		333	437,5		104	04		
1	39	55	532							
2	39	29		329	433,5		104,5	04	81	
3	39	28,82	538							
4	39	40		319	432,5		113,5	34,92	78	
5	39	15	546						76	
6	39	27,70		313	432,5		119,5	84		
7	39	30	552						74	
8	39	26,90		306	431		125	77	72	
9	39	80	556							
10	39	80		297	429		132	67	70	
11	39	70	561						68	
12	40	50		294	429		135	65	60	
13	40	41	554							Schl. d. Reiz.
14	39	60				430				
15	38	66	546		434,5		111,5	34,89		
16	35	68		323						
17	30	27,20	523		432,5		90,5	35,11		
18	29	60		342						
19	29	28,01	507		431		76	30		
20	29	50		355						
21	29	29,00	498		428,5		69,5	39		
22	29	30		359						
23	29	60	492		427		65	45		
24	29	81		362						
25	29	30,21	485		425,5		59,5	52		
26	29	49		366						

II. Reizung des ischiadicus setzt die Temperatur des musc. gastrocnemius herab.

Versuchsbeispiel vom 10. März 1877. Versuch ganz wie der vorige, nur wird statt des sympathicus das peripherische Ende des linken durchschnittenen ischiadicus in die Electrodenröhre gelegt.

Zeit.	t_m	t_p	w_1	w_2	n_1	n	a	t_g	Schlit.	Bemerkungen.
9h 49	38,85	35,95	710		503,5		206,5	36,17		
50	85	75		297		505				
51	85	70	?							Kleine Bewegung der Pfote.
52	85	36,30	718,5		518,75		199,75	25		
53	85	50		319						
54	82	25	724		520,5		203,5	17		
55	80	25		317						
56	75	20	714		511		203	10		
57	74	22		308						

Digitized by Google

Zeit.	t_m	t_p	w_1	w_2	n_1	n	a	t_g	Schlit.	Bemerkungen.
9h 58	38,73	35,65	733		502,5		230,5	35,72	100	Reizung des
59	70	49		272					98	ischiadicus.
10h	68	46	771		528		243	52	96-94	
1	68	51		285					89-84	
2	72	32	773		520		253	42	79-77	
3	71	16		267					75	
4	69	34,82	780		506,5		273,5	14	70	
5	69	60		233						
6	69	20	783		534	538	249	45	65	Hier steigt i.
7	69	33,95		285					63	gastrocnem.
8	68	52	785		546		239	57		die Temp.
9	68	40		307	539		232	66		bereits, währ. sie in d. Pfote noch sinkt.
10	68	32,95	771							Schluss.
11	63	70	762							
12	56	33,35	774		545		229	35,54		
13	48	34,20		316						
14	35	95	743		554,5		188,5	93		
15	40	35,40		366						
16	40	65								Kl. Zuckungen, Curara.
17	40	75	719		545		174	36,14		
18	40	80		371						
19	40	81	752		558,5		193,5	35,89		
20	40	81		365						
21	40	80	754		558		196	85		
22	40	79		362	557,5		195,5	85		
23	41	72	752							
24	41	71	760		550,5		209,5	69	75	Reizung des
25	41	50		341					73	ischiadicus.
26	41	26	772		560,5		211,5	67		
27	42	00		349						
28	41	34,75	768		539		229	43	72	
29	41	52		310					71	
30	41	32	781		530		233	38		
31	41	16		297						
32	40	10	781		532,5		248,5	18		
33	40	33,90		284						
34	39	79	792		535		257	34,96		
35	35	68		278						
36	32	52	808		546,5		262,5	90	70	
37	31	50		284						
38	29	45	810		549,5		270,5	76		
39	26	47		279					68	
40	24	36	816		551		265	79	67-65	
41	22	10		286					63	
42	22	32,96	817		545,5		271,5	69	62	
43	21	96		274						Schl. d. Reiz.
44	15	33,27	785		584,5		200,5	35,53		
45	14	34,23		388						
46	05	90		416	564,5		148,5	36,12		

Digitized by Google

Zeit.	t_m	t_p	w_1	w_2	n_1	n	a	t_g	Schlit.	Bemerkungen.
10h 47	38,04	35,32	713							
48	04	50		423	565,5		142,5	36,19		
49	04	60	708							
50	04	62		428	569,5		141,5	36,18		
51	04	66	711							
52	04	66		443	585,5		142	36,185		
53	03	67	728							
54	04	62		441	587,0		146	36,14		
55	05	54	733							
56	07	32	744		585,5		158,5	36,02	70	Reizung des ischiadicus.
57	07	12		427						
58	05	34,93	748		578,5		169,5	35,84	69	
59	04	72		409						
11h	04	49	762		584,5		177,5	74	67	
1	04	29		407					65-64	
2	01	05	771		587		184	62	63	
3	00	33,81		403						
4	37,98	65	776		585,5		190,5	49	62	
5	95	51		395						
6	92	32	772		574,5		197,5	36		
7	92	18		377						
8	90	00	764		564		200	30		
9	90	32,91		364						
10	90	79	759		561		198	33		
11	90	65		363						Schl. d. Reiz.
12	84	90	725		571,5		153,5	80		
13	75	33,80		418						
14	70	34,60	665							
15	70	35,16	652		548,5		103,5	36,36		
16	70	40		445						
17	69	51	651		544,5		106,5	31		
18	69	60		438						
19	69	61	666		550		116	18		
20	69	62		434						
21	69	62	669		546,5		122,5	10		
22	69	63		424						
23	69	62	660		531		129	01		
24	69	60		402						
25	69	58	640		503,5		136,5	35,90		
26	69	57		367						
27	69	52	619		486		131	99		
28	69	51		354						
29	65	50	602		469,5		132,5	94		
30	65	46		337						
31	62	16	596		462		134	35,86	60	Reizung.
32	58	34,90		328					58	
33	60	67	600						56-54	
34	55	36		312	456		144	70	52	
35	57	18	617		450,5		166,5	41	50	
36	58	33,94		284					48	
37	58	70	625		449,5		175,5	31		
38	59	48		274					46	

Digitized by Google

Zeit.	t_m	t_p	w_1	w_2	n_1	n	a	t_g	Schlit.	Bemerkungen.
11h 39	37,59	33,29	638		452,5		185,5	19	44-42	
40	59	10		267					40-38	
41	59	32,86	637		453,5		183,5	21	34	
42	59	?		270					29	Schluss.
43	50	94		285	441		156	44		
44	45	33,92	597							

Da durch eine Bewegung Thermometer und Thermoelement plötzlich verschoben wurden, wurde der Versuch abgebrochen.

III. Trennung des Bauchsympathicus dicht über der Theilungsstelle der Aorta hat Steigerung der Temperatur des msc. gastrocnemius zur Folge.

Versuch vom 28. März 1877. Bei einem curarisirten Hunde werden unter die beiderseitigen Bauchsympathici Fäden gelegt, die Bauchwunde geschlossen und die Fäden aus derselben herausgeleitet, so dass mittelst derselben die Sympathici zu gelegener Zeit durchrissen werden konnten. Nach einigen zu andern Zwecken voraufgegangenen Versuchen wurde an drei Thermometern, welche unter die beiderseitigen Gastrocnemien und zwischen die mittleren Zehen der rechten Pfote gelegt worden waren, in vier aufeinander folgenden Minuten abgelesen.

Linker Gastrocnemius: 31,28—18—09—30,99.
Rechter Gastrocnemius: 30,60—31,00—30,99—30,98.
Rechte Pfote: ?—28,30—27,98—64.

Die Temperatur war also an allen drei Orten im Sinken begriffen.

Es wurden jetzt um 11h 9′ die beiden Sympathici gleichzeitig durchrissen. Die Temperatur begann sofort überall zu steigen und betrug um 11h 37′, also nach 28 Minuten:

Linker Gastrocnemius: 33,65, also gestiegen um 2,66° C.
Rechter „ 33,71, „ „ „ 2,73° C.
Rechte Pfote: 33,38, „ „ „ 5,74° C.

Man könnte hier einwenden, dass die Temperatursteigerung an den drei Stellen Folge gewesen sei nicht sowohl der Trennung der sympathischen Fasern, als der mit der Durchreissung verbundenen sensibeln Reizung. Diesen Einwurf widerlegen Versuche nach Art des folgenden:

Versuch vom 29. März. Vorbereitung ganz wie bei dem vorhergehenden Versuche, mit dem Unterschiede, dass nur unter den linken Bauchsympathicus ein Faden gelegt wird. Ablesung alle Minuten.

Vor der Durchreissung des linken Sympathicus:

Linker Gastrocnemius: 33,81—81—79—72—70.

Digitized by Google

Rechter Gastrocnemius: 32,85—83—80—70—60.
Rechte Pfote: 34,85—50—12—33,75—70.
Nach der Durchreissung des linken Sympathicus:
Linker Gastrocnemius: 33,68—68—71—77—81—86—90—97—34,00—02—09—10—11—12—19—21—22—23—23—25—27—29—30—31—32.
Rechter Gastrocnemius: 32,50—42—33—24—20—22—17—10—00—31,94—90—81—78—71—68—60—56—51—50—42—40—35—32—30—25.
Rechte Pfote: 33,00—32,62—21—31,90—51—21—30,90—55—21—29,89—60—25—00—28,75—50—20—00—27,81—62—35—20—00—26,80—65—49.

Hier steigt also die Temperatur nur auf der Seite der Trennung des Sympathicus continuirlich an, während in dem andersseitigen Muskel und der andersseitigen Pfote stetiges Sinken stattfindet; Beweis genug, dass das Ansteigen in der That directe Folge der Sympathicus-Lähmung, nicht indirecte Folge etwaiger sensibler Reizung ist. Denn diese hätte sich ja rechterseits ebenfalls in Temperatursteigerung äussern müssen.

IV. Discussion der obigen Ergebnisse.

Wenn die Temperaturmessungen an der Haut des Ohres bei Reizung oder Durchschneidung des Halssympathicus, an der Haut der Pfote bei Reizung oder Durchschneidung des ischiadicus zu dem unbestreitbar richtigen Schlusse geführt haben, dass in jenen beiden Nervenstämmen vasomotorische (vasoconstrictorische) Fasern für die betreffenden Hautgegenden enthalten seien, so werden die obigen Versuche an dem Bauchsympathicus resp. ischiadicus zu demselben Schlusse bezüglich des msc. gastrocnemius führen müssen.

Reizung jener Nerzen führt zu einer durch lange Zeit stetig fortschreitenden Temperaturerniedrigung in dem Wadenmuskel. Sie erstreckt sich z. B. bei den drei Reizungen des Sympathicus in dem Versuche vom 9. März über 10 resp. 16 und 22 Minuten. Um so anhaltende Wirkungen zu erzielen, ist freilich eine sorgfältige Regulirung der Stärke der erregenden Ströme nothwendig. Beginnt man mit zu starken Strömen, so dauert die Herabsetzung nur kurze Zeit, weil die Erregbarkeit der Nerven schnell sinkt und es erfolgt sehr bald Wiederansteigen des Thermometers. Es ist vielmehr erforderlich, mit den schwächsten überhaupt wirksamen Strömen anzufangen und den Schlitten des Magnetelectromotors nur sehr allmählich um immer kleine Grössen vorzuschieben, wenn das Sinken der Temperatur ein zu geringes wird oder gar ein Wiederansteigen beginnen will. Auf der Vernachlässigung methodischen

Digitized by Google

Aufsuchens der zweckmässigen Stromstärken beruht ohne Zweifel das Missgeschick mancher Experimentatoren, welche durch Reizung des ischiadicus die Temperatur der Pfote nur sehr kurze Zeit oder selbst gar nicht heruntersetzen konnten.

Unsre Erfahrungen sind nicht im Einklange mit den Angaben von Sadler[1]) und Hafiz[2]) welche bei Reizung des Muskelnerven (Sadler) oder des Rückenmarkes (Hafiz) curarisirter Thiere eine Einwirkung auf die Muskelgefässe ganz vermissten, und von denen der Zweite auch bei nicht curarisirten Thieren die Nerven der Muskelarterien ungemein leicht ermüdbar fand. Es wird wohl die Verschiedenheit der zur Untersuchung benutzten Methoden sein, welche diese Verschiedenheit der Ergebnisse erklärt. Indess war es doch wichtig, auch mittelst unsrer Methode der Temperaturmessung durch Versuche an nicht curarisirten Thieren die an curarisirten gewonnenen Resultate zu controlliren. Wir haben einen wesentlichen Unterschied beider Fälle nicht finden können, wie der folgende Versuch zeigt.

Versuch vom 12. März 1877. Einem grossen Hunde wurde, um willkürliche Bewegungen der Hinterextremitäten auszuschliessen, in der Morphiumnarkose das Brustmark durchschnitten, der linke Bauchsympathicus in gewohnter Weise mit einer Electrode versehen und an dem linken gastrocnemius eine thermoelectrische Beobachtungsreihe angestellt. Der Raumersparniss wegen geben wir, nachdem in einigen früheren Versuchsreihen zur Orientirung des Lesers alle unmittelbaren Beobachtungszahlen mitgetheilt sind, von jetzt ab nur die berechneten Temperaturwerthe.

Zeit.	t_m	t_p	t_g	Schlit.	Bemerkungen.	Zeit.	t_m	t_p	t_g	Schlit.	Bemerkungen.
10h 58	39,70	37,81	34,91			11h 8	39,70	37,70	35,06	116	
59	70	38,05				9	70	59		115	
11h	70	14	35,11			10	70	12	34,96	114	
1	70	21				11	72	14		113	
2	70	30	24			12	73	36,75	?		
3	70	35				13	74	30			
						14	79	05	71		
4	70	16	22	120	R. d. Symp.	15	80	35,98			Schl. d. R.
5	70	10									
6	70	07	15	119		16	80	36,01	96		
7	70	37,95		118		17	80	50			

1) Ber. der mathem.-physik. Classe der Königl. Sächs. Gesellschaft der Wissensch. zu Leipzig, 1869. S. 198.

2) Ebendas. 1870. S. 224.

Digitized by Google

Zeit.	t_m	t_p	t_s	Schlit.	Bemerkungen.
11h 18	39,78	36,89	35,64		
19	73	37,15			
20	71	45	79		
21	71	67			
22	71	81			
23	71	98	63		
24	71	38,02			
25	71	09	59		
26	71	13			
27	71	37,90	26	118	R. d. Symp.
28	71	69			
29	75	50	34,96		
30	78	35			
31	79	19	81		
32	79	36,90		117	
33	80	53	61	116	
34	80	11		115	
35	80	35,75	46	114	
36	81	30		113	Schl. d. R.
37	82	70	99		
38	81	36,38			
39	82	75	35,79		
40	83	37,02			
41	71	30	36,02		
42	70	54			
43	70	70	02		
44	70	85			
45	70	98	35,92		
46	70	38,05			
47	70	10	?		
48	70	12			

Zeit.	t_m	t_p	t_s	Schlit.	Bemerkungen.
11h 49	39,70	37,90	35,46	110	R. d. Symp.
50	70	55			
51	74	20	10		
52	76	36,95			
53	77	61	34,87	109	
54	79	30		108	
55	80	35,95	72	107	
56	80	70			
57	80	40	64	105	
58	81	05			
59	85	34,69	49		
12h	84	30			
1	85	33,95	36	104	
2	85	65			
3	86	30	30	103	
4	87	00			Schluss.
5	88	65			
6	80	34,70	35,66		
7	74	35,30			
8	70	75	36,45		
9	70	36,30			
10	69	65	45		
11	65	98			
12	65	37,20	31		
13	65	39			
14	65	49	16		
15	65	62			
16	65	70			

Die obigen Zahlen weichen in keiner wesentlichen Beziehung von denen ab, welche curarisirte Thiere lieferten. Die verengernden Nerven der Muskelgefässe werden sich also dem Curara gegenüber kaum anders verhalten, als der Gefässe andrer Theile, z. B. der Haut.

Wenn der Leser die obigen Tabellen eines aufmerksamen Blickes gewürdigt hat, kann ihm nicht entgangen sein, dass die experimentellen Eingriffe auf die Nerven an der Haut der Pfote und an dem Wadenmuskel zwar dem Sinne nach stets gleiche, der Grösse nach aber sehr verschiedene Temperaturausschläge zur Folge haben: an der Pfote sinkt und steigt die Temperatur innerhalb sehr viel weiterer Grenzen, als in dem Muskel. Wir betonen hier vorläufig diese beim ersten Anblicke auffällige Thatsache, ihre Besprechung einer späteren Stelle vorbehaltend, sobald wir noch

Digitized by Google

weitere Fortschritte in der Kenntniss der Muskelgefässnerven gemacht haben werden.

V. Der nv. ischiadicus enthält neben solchen Fasern, deren Reizung die Gefässe des Wadenmuskels verengt, auch solche, deren Thätigkeit eine Erweiterung dieser Gefässe herbeiführt.

1. In der Arbeit von Ostroumoff[1]) ist gezeigt worden, dass der Bauchsympathicus Gefässerweiterungsfasern für die Pfote enthält, welche er dem ischiadicus zuführt, und dass man durch electrische Reizung des letzteren in der That Temperatursteigerung herbeiführen kann, wenn man den Nerven 4 Tage vorher durchschnitten hat.

Gleiche Verhältnisse gelten nach Ausweis des folgenden Versuches für die Gefässe des Wadenmuskels.

Versuch vom 21. März 1877. Bei einem curarisirten Hunde, welchem der linke nv. ischiadicus am 17. März möglichst hoch durchschnitten worden war, wurden nach Armirung des Nerven mit einer Electrodenröhre folgende Temperaturzahlen gewonnen:

Vor der Reiz.	Linke Pfote:	36,40—50—52—30—25—21—19—16—14—11—10—08—00—35,95.
	L. Wadenmusk.:	36,50—60—60—48—45—45—43—44—44—46—47—40—40—40.
Währ. „ „	L. P.:	35,90—89—85—85—99—36,02—10—12—18—22—30—40—48—49.
	L. M.:	35,40—40—40—40—45—47—47—48—50—50—51—53—57—56.
Nach „ „	L. P.:	36,41—33—28—19—10—35,95—81—69—53—45.
	L. M.:	35,58—57—56—51—50—47—46—42—40—39.
Währ. „ „	L. P.:	35,55—60—72—90—36,02—10—12—11—02.
	L. M.:	35,37—37—37—37—38—38—40—46—48.
Nach „ „	L. P.:	35,97—91—79—68—49—40—35—39—35.
	L. M.:	35,47—46—43—42—40—40—39—39—35.
Währ. „ „	L. P.:	35,10—11—40—70—88—90.
	L. M.:	35,38—45—48—50—50—50.
Nach „ „	L. P.:	35,90—81—72—70—52—30—11—34,92—79.
	L. M.:	35,51—51—51—50—50—47—43—41—39.

Bei Reizung des Nerven steigt also regelmässig die Muskeltemperatur mit der der Haut, wenn schon in viel geringerem Grade; in den Reizungspausen sinken beide. —

---

1) Dieses Arch. Bd. XII. S. 228.

Digitized by Google

2. Reizung des centralen Endes sensibler Nervenstämme steigert bekanntlich[1]) die Temperatur der Haut durch reflectorische Erregung ihrer Gefässerweiterungsnerven[2]), während die Innentemperatur sinkt. Wie die Haut, verhalten sich die Muskeln; die folgenden Versuchsbeispiele mögen hierüber Auskunft geben.

Versuch vom 16. März. Curarisirter Hund. Das centrale Ende des rechten ischiadicus und des rechten Vagus mit Electrodenröhre versehen. Messung der Temperatur im Mastdarme und zwischen den Mittelzehen der linken Pfote mit Thermometern, im linken Wadenmuskel auf thermoelectrischem Wege.

Zeit.	t_m	t_p	t_g	Schlit.	Bemerkungen.
10h 27	37,48	35,60	34,79		
28	46	53			
29	43	02	56		
30	41	34,72			
31	40	46	38		
32	40	19			
33	39	33,90	18		
34	36	60			
35	33	34,20	36	100	R. d. ischia.
36	28	80			
37	25	35,10	44	95	
38	10	30			
39	00	50	49	93	
40	36,99	61			Schluss.
41	93	55	42		
42	93	35			
43	95	13			
44	91	34,90			
45	91	69	33,88		
46	91	42			

Zeit.	t_m	t_p	t_g	Schlit.	Bemerkungen.
10h 47	36,90	34,15			
48	90	33,88	33,56		
49	90	51			
50	85	60	34,46	120	R. d. vagus.
51	83	95			
52	82	34,05	33,61		
53	80	48		bis	
54	75	70	72		
55	74	90			
56	70	35,35	80	75	
57	63	50			Schluss.
58	60	38			
59	50	28			
11h	50	12	59		
1	49	34,90			
2	45	70	44		
3	43	48			
4	43	21	27		
5	43	33,98			

Versuche wie der obige sind noch nicht hinreichend beweiskräftig dafür, dass die mit jeder Reizung verbundene Temperatursteigerung im Wadenmuskel auf reflectorischer Erregung von Erweiterungsnerven beruht: sie könnte als Folge der mit der sensibeln Reizung einhergehenden Drucksteigerung und einer durch dieselbe herbeigeführten Beschleunigung des Blutstromes aufgefasst werden, welche grössere Blutmengen durch den Muskel führte. Eine solche Auslegung wird unmöglich Angesichts von Beobach-

1) R. Heidenhain, dieses Archiv Bd. IV, S. 350 und Bd. V, S. 77.
2) Ostroumoff, a. a. O.

Digitized by Google

tungen, welche gleichzeitig an beiden Wadenmuskeln bei einseitig durchschnittenem ischiadicus angestellt wurden. Wäre jene Erklärung richtig, so müsste die Temperatur in dem gelähmten Muskel schneller und erheblicher ansteigen, als in dem normalen, weil die durch die Trennung ihrer Verengerungsnerven erschlafften Gefässe des ersteren bei steigendem Drucke sich mehr ausweiten und deshalb einen ergiebigeren Blutstrom passiren lassen würden, als die normal innervirten Gefässe des letzteren. Die Beobachtung ergiebt aber das gerade Gegentheil.

Versuch vom 19. März 1877. Curarisirter Hund; Durchschneidung des linken ischiadicus und beider nv. vagi; Armirung der letzteren mit Electroden. Thermometrische Messung der Temperatur beider Wadenmuskeln und der rechten Pfote.

Zeit.	Link. Gastr.	Recht. Gastr.	Recht. Pfote.	Schlit.	Bemerkungen.
10h 41	35,80	33,95	31,88		
42	?	34,15	60		
43	79	15	40		
44	79	11	18		
45	79	02	30,88		
46	72	33,93	32,65	85	R. d. linken
47	69	95	80		vagus.
48	60	99	34,70	80	
49	53	34,00	99	75	Schluss.
50	50	01	70		
51	45	00	49		
52	44	33,90	18		
53	44	85	33,79		
54	44	82	47		
55	44	80	19		
56	42	79	32,82		
57	43	75	40		
58	42	70	10		
59	43	65	31,88		
11h	42	61	58		
1	42	59	32,80	90	R. d. linken
2	40	65	33,80	85	vagus.
3	34	69	34,50	80	
4	30	69	75	75	
5	29	75	85	70	Schluss.
6	22	80	85		
7	20	75	61		
8	20	74	32		
9	20	72	06		
10	22	70	33,70		
11	23	69	35		
12	25	64	14		

Zeit.	Link. Gastr.	Recht. Gastr.	Recht. Pfote.	Schlit.	Bemerkungen.
11h 13	35,25	33,60	32,78		
14	25	50	48		
15	25	48	18		
16	29	40	31,89		
17	30	36	55		
18	30	30	24		
19	30	28	32,70	80	R. d. linken
20	25	35	33,60	75	vagus.
21	22	38	92	70	
22	22	38	95	65	
23	20	38	34,43	60	
24	17	40	70		
25	10	44	82	50	
26	09	48	89	45	
27	09	50	88		Schluss.
28	07	51	67		
29	02	50	43		
30	02	50	12		
31	02	49	78		
32	02	42	49		
33	02	39	19		
34	02	30	32,80		
35	02	25	50		Paus. Curara.
41	09	32,90	30,30		
42	09	90	05		
43	09	90	29,88		
44	09	90	61		
45	09	85	35		R. d. r. vagus.
46	09	82	31,29	100	
47	09	92	33,10	95	
48	04	33,00	98	90	
49	01	05	34,40		

Digitized by Google

Zeit.	Link. Gastr.	Recht. Gastr.	Recht. Pfote.	Schlit.	Bemerkungen.
11h 50	34,99	33,10	34,58	85	
51	93	12	65	80	
52	92	19	59	75	Schluss.
53	90	20	32		
54	89	19	10		
55	89	18	33,79		
56	85	11	40		
57	85	06	20		
58	82	00	32,82		
59	81	32,93	56		
12h	80	89	26		
1	74	80	31,93		
2	71	75	61		
3	71	70	35		

Zeit.	Link. Gastr.	Recht. Gastr.	Recht. Pfote.	Schlit.	Bemerkungen.
12h 4	34,70	32,65	32,36	90	R. d. linken
5	70	72	33,35		vagus.
6	71	72	40	85	
7	73	75	40	80	
8	73	76	30	75	
9	72	80	,06	70	
10	74	90	32 90	60	
11	76	95	65		
12	78	97	52	50	Schluss.
13	78	98	15		
14	75	93	31,80		
15	72	90	56		
16	71	82	52		
17	70	78	30 99		
18	70	70	,70		

Wir sehen in dem obigen Versuche ganz regelmässig die Temperatur des normal innervirten Wadenmuskels Hand in Hand mit der Temperatur der gleichseitigen Pfote während der Reizung steigen, gleichzeitig die Temperatur des gelähmten Gastrocnemius sinken. Nur bei der letzten Reizung findet hier ein ganz unbedeutendes Ansteigen statt (um 0,08 in 8 Minuten), wie dasselbe auch an gelähmten Hauttheilen bei sehr oft wiederholter Drucksteigerung beobachtet wird (Vgl. Ostroumoff a. a. O. S. 249—251).

Die Vorsicht gebietet, noch einen andern Einwand gegen die obigen Versuche zu entkräften. Die Temperatur des gelähmten Wadenmuskels ist stets höher, als die des normalen. Möglicherweise steht jene der Temperatur des Aortenblutes so nahe, dass ein vermehrter Blutzustrom sich nicht mehr durch Temperatursteigerung kund zu geben vermag. Bei Ostroumoff's Versuchen über die Innervation der Hautgefässe haben wir sogar oft genug gesehen, dass wenn die Temperatur der Pfote nach Durchschneidung des ischiadicus nur wenig unter der des Aortenblutes lag, bei sensibler Reizung statt einer Temperatursteigerung, wie sie die normale Pfote zeigte, sogar eine Herabsetzung zu Stande kam. Sie erklärt sich aus der Temperaturabnahme des Aortenblutes, welche bekanntlich mit jeder hinreichend starken electrischen Erregung sensibler Nervenstämme verbunden ist. Wird einem Theile mit ad maximum erweiterten Gefässen, dessen Temperatur die des arteriellen Blutes nahezu erreicht hat, plötzlich kälteres Blut zugeführt, so muss sich nothwendig an demselben eine Temperaturabnahme geltend machen. —

Digitized by Google

Mit Bezug auf unsre obigen Versuche muss also die Frage entstehen, ob die Temperatur des gelähmten Wadenmuskels nicht zu hoch, d. h. zu ähnlich der des arteriellen Blutes gewesen sei, um noch bei etwa stattfindender Gefässerweiterung eine Steigerung erfahren zu können. Beobachtungen wie die folgende verneinen diese Frage.

Versuch vom 29. März 1877. Curarisirter Hund; linker Bauchsympathicus durchrissen. Centrales Ende des linken vagus in der Electrodenröhre.

Zeit.	Link. Gastr.	Recht. Gastr.	Recht. Pfote.	Schlit.	Bemerkungen.
10h 53	34,29	31,35	27,00		
54	30	32	26,80		
55	31	30	65		
56	32	25	49		R. d. vagus.
57	40	20	27,50	80	
58	38	20	31,80		
59	31	32	33,25	70	
11h	30	51	99		
1	28	67	34,20	65	
2	21	80	32	60	
3	20	90	39	55	Schluss.
4	19	32,00	10		
5	18	00	33,60		
6	18	31,94	25		
7	18	89	32,90		

Zeit.	Link. Gastr.	Recht. Gastr.	Recht. Pfote.	Schlit.	Bemerkungen.
11h 8	34,18	31,80	32,60		
9	18	75	32		
10	22	60	95	80	R. d. vagus.
11	20	70	33,80	70	
12	14	80	34,15		
13	10	90	28	60	
14	09	32,00	30	50	
15	08	05	31	40	Schluss.
16	01	12	00		
17	00	10	33,66		
18	00	02	30		
19	00	31,96	00		
20	00	90	32,64		
21	00	81	30		

Ein Blick auf die fettgedruckten Zahlen für die Temperaturen des linken Wadenmuskels und der rechten Pfote lehrt, dass in einem gegebenen Momente während der Reizung beide gleich geworden sind und von da ab die Muskeltemperatur zu sinken, die Pfotentemperatur zu steigen fortfährt. Der Verdacht, als könnte die Höhe der Muskeltemperatur ein Ansteigen unmöglich machen, ist also nicht gerechtfertigt, da ja bei derselben Höhe die Haut ein Ansteigen zeigt.

Endlich kommen wir noch zu einem letzten Einwande gegen die Deutung unsrer Versuche. Die Temperatur des Wadenmuskels ist auf thermometrischem oder thermoelectrischem Wege bisher immer gemessen worden, während der grösste Theil des Muskels von Haut umhüllt und nur behufs Application des Messinstrumentes ein kleiner Theil entblösst war. Nun ist es aber klar, dass Temperaturschwankungen in dem Muskel auch ohne Aenderung seiner Wärmeproduction oder seiner Circulationsbedingungen möglich sind durch Veränderungen der Temperatur der ihn bedeckenden

Digitized by Google

Haut. Denn die Wärmeabgabe des Muskels an die Haut durch Leitung ist proportional dem Temperaturunterschiede beider: wenn somit die Temperatur der Haut sinkt oder steigt, was ja bei Reizung resp. Durchschneidung ihrer vasoconstrictorischen oder Erregung ihrer vasodilatatorischen Nerven geschieht, muss ihr die des Muskels folgen. Es ist also von vornherein der Gedanke nicht abzulehnen, dass alle beobachteten Temperaturschwankungen des Muskels nur Folge seien correspondirender Schwankungen seiner Hautumhüllung.

Um diesen Einwurf zu prüfen, wurden mehrere Versuche ganz nach der bisherigen Methode, aber mit dem Unterschiede angestellt, dass die Muskeln in ihrem ganzen Umfange von der Haut entblösst wurden. Ein in der Höhe des Knies und ein zweiter um das Fussgelenk geführter Cirkelschnitt trennte zunächst die Haut des Unterschenkels von der des Fusses und des Oberschenkels. Das isolirte Hautstück wurde dann mit dem Scalpell unter Schonung aller grösseren Gefässstämme abpräparirt, so dass die gesammte Musculatur des Unterschenkels frei lag. Der Erfolg solcher Versuche war ganz derselbe, wie wir ihn früher kennen gelernt haben. Zum Beweise diene folgendes Beispiel.

Versuch vom 31. März 1877. Curara. Durchschneidung des linken Bauchsympathicus. Entfernung der Haut von beiden Unterschenkeln. Centrales Ende des linken vagus in der Electrodenröhre.

Zeit.	Link. Gastr.	Recht. Gastr.	Recht. Pfote.	Schlit.	Bemerkungen.
11h 1	34,59	31,10	24,50		
2	53	30,95	60		
3	59	?	?		
4	61	89	25,15		
5	61	89	24,92		
6	59	89	50		R. d. vagus.
7	51	84	40	100	
8	48	80	80	90	
9	54	79	28,90	85	
10	51	83	31,10		
11	38	90	32,40	80	
12	21	99	33,30		
13	09	31,10	75	75	
14	33,90	05	34,10		Schluss.
15	79	07	33,70		
16	66	30,95	50		
17	52	84	20		
18	47	70	32,80		

Zeit.	Link. Gastr.	Recht. Gastr.	Recht. Pfote.	Schlit.	Bemerkungen.
11h 19	33,39	30,57	32,50		
20	30	40	10		
21	23	30	31,80		
22	19	12	40		
23	11	00	15		
24	09	29,85	30,80		R. d. vagus.
25	20	80	32,20	90	
26	22	99	33,30		
27	22	30,12	85		
28	20	25	34,10	80	
29	12	34	20	75	
30	09	40	17		Schluss.
31	04	44	33,90		
32	32,99	35	70		
33	95	20	40		
34	92	04	10		
35	88	29,90	32,72		

Digitized by Google

Somit dürfte durch die Reihe der obigen Versuche, die nur Einzelbeispiele aus einer erheblich grossen Anzahl gleichartiger darstellen, der Beweis geliefert sein, dass bei Reizung sensibler Nervenstämme 1) die Muskeltemperatur ansteigt, 2) dieses Ansteigen auf einer activen Einwirkung von zu den Muskeln tretenden Nervenfasern beruht.

VI. Die Nervenfasern, deren reflectorische Erregung ein Ansteigen der Muskeltemperatur veranlasst, treten in den Sympathicus nicht bloss aus dem Lendenmarke, sondern auch aus dem Brustmarke ein.

Der Beweis hierfür ist erbracht, wenn noch nach Trennung des Lendenmarkes von dem Brustmarke aus durch Reizung von Empfindungsnerven des Vorderkörpers Temperatursteigerung an der Muskulatur des Unterschenkels herbeigeführt werden kann. Diese Möglichkeit erhellt aus Versuchen nach Art des folgenden.

Versuch vom 27. März 1877. Linker Bauchsympathicus bei einem curarisirten Hunde durchschnitten. Centrales Ende des linken vagus in der Electrodenröhre.

Zeit.	Link. Gastr.	Recht. Gastr.	Recht. Pfote.	Schlit.	Bemerkungen.
11h 25	35,75	32,84	30,12		
26	75	84	29,91		
27	75	84	75		
28	75	84	53		
29	35,80	81	31,00	85	R. d. l. vagus.
30	72	33,10	32,50		
31	68	29	33,17		
32	61	37	50		
33	61	44	55		Schluss.
34	60	44	23		
35	60	30	61		
36	60	20	32,80		Durchschneidung des Rückenmarkes am erst. Lendenwirb.
50	34,92	33,04	28,35		
51	89	12	59		
52	77	12	30		
53	72	12	09		
54	80	14	29,10	80	R. d. vagus.
55	80	22	30,20		
56	80	28	31,70		
57	34,73	33,30	31,90	70	
58	68	31	33,19		
59	60	34	60		
12h	59	39	72	60	
1	59	40	75		Schluss.
2	50	39	40		
3	50	33	33,00		
4	50	28	32,50		Befreiung d. beiderseitig. Wadenmusk. v. d. Haut.
10	30	32,59	30,80		
11	30	50	61		
12	48	60	31,30	70	Reizung.
13	47	69	32,00		
14	32	71	39	60	
15	29	72	56		
16	20	78	55		
17	17	80	54	50	
18	11	79	21		Schluss.
19	10	66	31,80		
20	08	55	50		
21	01	42	19		

Digitized by Google

VII. Ueber die relative Grösse der Temperaturschwankung in den Muskeln und an der Haut.

Aus der Gesammtheit aller mitgetheilten Versuche geht, so scheint es uns, mit Evidenz hervor, dass die Temperatur der Muskeln bei Durchschneidung oder — directer resp. reflectorischer — Erregung der zu ihnen tretenden Nerven sich stets in demselben Sinne ändert, wie die Temperatur der Haut bei entsprechenden Eingriffen. Wir haben aber schon an früherer Stelle darauf aufmerksam gemacht, dass die Schwankungen der Hauttemperatur in positivem wie negativem Sinne stets sehr viel erheblicher sind, als die zeitlich mit ihnen im Allgemeinen zusammenfallenden Schwankungen der Muskeltemperatur. Zum Schlusse ist es jetzt am Orte, die Ursache dieser quantitativen Verschiedenheit zu erwägen.

Vorher aber wird die Beantwortung einer Vorfrage nothwendig. In den vorliegenden Versuchen, wie in fast allen bisherigen über die Aenderungen der Hauttemperatur unter dem Einflusse des Nervensystems angestellten Messungen, ist als Messungsort ausschliesslich die Pfote zwischen zwei Zehen benutzt worden. Nur in einigen Beobachtungen hat in einer früheren Arbeit der Eine von uns die Messung im Präputium des Penis bei männlichen oder zwischen den grossen Schamlefzen bei weiblichen Hunden, ferner in einer Falte an der Beugeseite des Vorderfusses und in einer Falte der Inguinalgegend angestellt[1]). Die Haut der obern Abschnitte der Extremitäten und des gesammten Rumpfes ist bisher unberücksichtigt geblieben. Der Grund für diese Vernachlässigung lag in der Unmöglichkeit, das Thermometer an den letztgenannten Orten anzubringen. Die thermoelectrische Messungsmethode gestattet aber auch hier den Versuch, und so war die Ausführung desselben nicht ohne Interesse. Ein Beispiel mag die Ergebnisse erläutern.

Versuch vom 17. April 1877. Die Versuchsmethode ganz wie bei den früheren Messungen der Muskeltemperatur. Thermometrische Bestimmung der Temperatur im Mastdarm und zwischen den Zehen der linken Hinterpfote; thermoelectrische Messung der Temperatur an verschiedenen, unten anzugebenden Hautstellen.

1) R. Heidenhain, dieses Arch. Bd. V, S. 77. Vgl. die der Abhandlung beigegebene Tabelle von Versuchsprotokollen.

Digitized by Google

Zeit.	Tempera-tur im Mastd.	Temp. d. linken Hinterpf.	Temperatur der Haut an beistehenden Stellen.	Schlittenst.	Bemerkungen.
10h 12	36,39	30,32	31,10		I. Thermoelement in der Interdipitalmembran der linken Hinterpfote.
13	36	00	30,46		
14	34	29,50	25		
17	30	28,09	29,11		
18	29	27,65	28,12	110	Reizung des linken vagus.
19	?	?	?	90	
20	29	28,00	48	575	
21	29	30,50	30,66		
22	35,99	33,00	33,92		Schuss. Die Temp. der linken Pfote ist nach der thermometrischen Messung zwischen den Zehen um 5,35° C., nach der thermoel. Messung im Innern d. Interdipitalmembr. 5,80° C. gestiegen.
23	85	33,2-32,5	33,86—28		
24	85	31,95	32,88		
25	85	50	20		
26	84	09	31,61		
29	84	29,72	?		II. Thermoelement unter der Bauchhaut, rechts v. Penis.
30	81	30	31,81		
31	81	28,94	85		
32	80	59	84		
33	79	32,70	99	75	Reiznng des linken Vagus.
34	68	20	32,20		
35	50	33,20	15		Schluss.
36	44	32,90	31,82		
37	44	50	68		
38	44	10	60		
39	44	31,61	53		
40	44	22	38		
41	44	32,30	24	75	Reizung des linken Vagus.
42	30	33,19	31		
43	25	56	53	70	
44	20	75	29		Schluss.
45	10	49	11		
46	12	10	09		
47	14	32,65	04		
48	14	31	30,98		
51	10	30,65	29,42		III. Thermoelement unter der behaarten Haut des linken Fussrückens dicht unterhalb des Fussgelenkes.
52	10	20	15		
53	10	29,89	28,95		
54	09	31,29	29,23	70	Reizung des Vagus.
55	24,99	32,40	30,48		Schluss.
56	89	25	52		
57	87	31,90	09		

Digitized by Google

Zeit.	Temperatur im Mastd.	Temp. d. linken Hinterpf.	Temperatur der Haut an den beistehenden Stellen.	Schlittenst.	Bemerkungen.
10h 58	34,84	31,55	29,74		
59	84	19	43		
11h	83	30,80	14		
7	80	28,15	30,23		IV. Thermoelement unter der Haut des linken Oberschenkels an der wenig behaarten Innenfläche.
8	80	27,82	14		
9	79	51	13		
10	77	30,00	06	70	Reizung des linken Vagus.
11	65	31,50	21		
12	54	32,32	24		
13	44	70	14		Schluss.
14	44	32	17		
15	40	00	12		
16	40	31,62	12		
17	40	30	07		
26	40	27,80	29,16		V. Thermoel. unter der Haut an der Aussenfläche des linken Oberschenkels.
27	40	50	28,69		
28	39	10	42		
29	38	10	24	70	Reizung des linken Vagus.
30	29	30,80	32		
31	21	31,40	38	65	
32	15	50	29		Schluss.
33	11	05	14		
34	10	30,61	07		
	90	20			Präparation des rechten Vagus. 3 Ctm. Curara-Lösung ($^1/_4$ %).
54	33,55	28,59	32,09		VI. Thermoel. unter der linksseitigen Brusthaut.
55	54	20	10		
56	52	27,82	11		
57	52	29,50	30	75	Reizung des rechten Vagus.
58	48	55	41		
59	42	75	40		Schluss.
12h	40	30	35		
1	39	00	35		
2	38	28,75	34		
3	36	40	32		
4	34	10	27		
5	32	27,80	22		

Das vorliegende Versuchsbeispiel mag ausreichen, um durch seine Zahlen den Punct zur Anschauung zu bringen, auf den es uns hier wesentlich ankommt: die ungemein verschiedene Grösse der Temperatursteigerung nämlich, welche gleichzeitig verschiedene Theile der Haut bei der gleichen Nervenreizung erfahren. Wir begannen den obigen Versuch wie alle ähnlichen, damit, uns zu

Digitized by Google

versichern, dass unsere thermoelectrische Vorrichtung richtige Werthe für die Temperaturschwankung liefere. Die erste Reizung gibt dafür die Garantie. Denn bei derselben massen wir die Temperatur gleichzeitig mit dem Thermometer zwischen den beiden mittleren Zehen des linken Hinterfusses und mittelst des Thermoelementes im Innern der zwischen den beiden äusseren Zehen ausgespannten Interdigitalmembran: die Werthe der Temperaturerhöhung bei der Reizung stehen einander sehr nahe, dort 5,35° C., hier 5,80° C., begreiflicher Weise etwas höher als dort, weil hier die Messung im Innern des Gewebes, dort an der Oberfläche der Haut geschah. Nach Erledigung dieser die Methode betreffenden Vorfrage können wir nun sicher sein, dass es kein Irrthum ist, sondern den wirklichen Verhältnissen entspricht, wenn der Thermomultiplicator an dem Rumpfe und den obern Abschnitten der Extremitäten ausserordentlich viel kleinere Temperatureffecte bei der sensibeln Reizung angiebt, als sie gleichzeitig das Thermometer an der Pfote nachweist. Während es sich hier stets um Steigerungen von ganzen Graden handelt, beschränkt sich dort das Ansteigen auf einige Zehntheile. Eine Durchsicht unserer sonstigen Versuchstabellen lehrt, dass ausser den Pfoten der gesammte Fuss, Unterschenkel und Vorderarm, die Gegend des Kniegelenkes hohe Werthe, dagegen der Oberschenkel, Oberarm, der Rumpf stets nur relativ niedrige Werthe giebt, welche innerhalb derselben Grenzen liegen, wie die früherhin an den Muskeln gewonnenen Zahlen. An dem Rumpfe macht die vom Bauche zum Oberschenkel frei sich hinspannende Inguinalfalte und — nach früheren Erfahrungen — die Haut des Präputiums wie die der grossen Schaamlefzen eine Ausnahme. Ein grosser Theil der Körperoberfläche also verhält sich quantitativ in Bezug auf die reflectorische Temperatursteigerung ähnlich, wie die Muskulatur. Der Unterschied in dem Verhalten der Muskeln und der Haut ist kein durchgreifender und nicht grösser als der Unterschied in dem Verhalten verschiedener Hautgegenden.

Es liegt nun die Frage nahe, worauf der letztere Unterschied beruhe. Einmal ist er ohne Zweifel dadurch bedingt, dass Körpertheile von geringer Dicke, wie frei sich ausspannende Hautfalten, die Pfoten u. s. f. wegen der ergiebigeren Abkühlung durch die umgebende Luft bei Schwankungen der Wärmezufuhr grössere Temperaturschwankungen erleiden müssen, als Theile von grösse-

Digitized by Google

ren Dimensionen, welche der Luft eine im Verhältniss zu ihrer Masse geringere Abkühlungsfläche darbieten. Aber hierin liegt nicht der alleinige Grund. Denn wir haben die Haut des Oberschenkels, des Bauches u. s. f. in Falten erhoben, was jedesmal eine beträchtliche Herabsetzung der Hauttemperatur zur Folge hatte, um unter diesen Umständen den Einfluss sensibler Reizung auf die Temperatur zu bestimmen. Er wuchs in einigen Fällen an, ohne jedoch je die Grösse, wie an den unteren Abschnitten der Extremitäten zu erreichen. Das ganze Verfahren ist übrigens nicht empfehlenswerth, weil in einer gespannten Hautfalte aus rein mechanischen Gründen Circulationshemmnisse eintreten, welche die normalen Verhältnisse des Blutlaufes stören. Diese immerhin precären Beobachtungen werden aber durch anderweitige Erfahrungen ergänzt, welche gegen die Annahme sprechen, dass in der Verschiedenheit der Abkühlungsbedingungen der alleinige Grund für die Differenzen des thermischen Verhaltens der verschiedenen Hautregionen liege. Denn wenn auch die Pfote eine ebenso hohe Temperatur hat, wie die Haut am Oberschenkel oder Rumpfe, steigt dort bei sensibler Reizung die Temperatur doch in beträchtlich höherem Grade als hier. —

Wenn wir uns also nach weiteren Ursachen umsehen müssen, können diese nur entweder daran liegen, dass die Erweiterungsnerven die Arterien verschiedener Hautgegenden in ungleichem Grade beeinflussen oder dass das Gefässsystem verschiedener Gegenden in verschieden reichem Maasse entwickelt ist. Die erstere Möglichkeit lässt sich kaum direct feststellen. Für die zweite haben wir Anhaltspunkte in einer Injection der unteren Extremität von der art. cruralis aus gewonnen, die wir nach der von Stirling in Ludwigs Institut befolgten sehr zweckentsprechenden Methode vornahmen[1]). Als nach vollendeter Einspritzung die Haut abrasirt wurde, verrieth schon die intensivere Bläuung der Haut an dem Mittelfuss resp. den Zehen gegenüber dem Oberschenkel die grössere Dichte des Gefässnetzes an jenen Orten, welche Durchschnitte durch die in Alcohol erhärtete Haut bestätigten. Diese anatomischen Verhältnisse scheinen im Verein mit den ungleichen Bedingungen der Wärmeverluste nach Aussen zur Erklärung der Un-

1) W. Stirling, Beiträge zur Anatomie der Cutis des Hundes. Bericht der Leipziger Gesellschaft vom 25. Juli 1875.

Digitized by Google

gleichheit der Temperaturschwankungen in den verschiedenen Hautregionen auszureichen, ohne dass es nöthig wäre, zu der Hypothese gradueller Unterschiede des Einflusses der Erweiterungsnerven auf die Arterien seine Zuflucht zu nehmen. —

II.

Ueber die Innervation der Muskelgefässe.

Zweite Versuchsreihe.

Unter Mitwirkung der Studirenden **C. Alexander** und **A. Gottstein.**

Von

R. Heidenhain.

So bestimmte und constante Ergebnisse die oben mitgetheilten Versuche bezüglich der Regulirung des Muskelblutstromes durch die Gefässnerven des Muskels geliefert haben, — ein Skeptiker könnte doch vielleicht noch auf einen Einwand kommen, der freilich etwas weit hergeholt scheint. Er könnte behaupten, dass alle thermischen Schwankungen in dem Muskel, welche in Folge directer oder indirecter Erregung der ihn versorgenden Nervenfasern auftreten, nicht sowohl bedingt seien durch entsprechende Aenderungen des Blutstromes, als durch entsprechende chemische Processe in dem Muskelgewebe. Bei uns in Deutschland scheint freilich kaum Jemand geneigt, Cl. Bernard's nerfs calorifiques und frigorifiques für mehr als eine unerwiesene Hypothese zu halten, und man wird es deshalb vielleicht wenig gerechtfertigt finden, wenn ich noch eine ziemliche Summe von Zeit, Material und Arbeit daran gesetzt habe, um jenem Einwande den Boden zu entziehen. Allein auf dem schwierigen Gebiete der Physiologie ist ein Zuviel von Thatsachen noch niemals bedenklich, ein Zuwenig oft genug gefährlich geworden, und so mag der Leser es entschuldigen, wenn ich ihn mit dem in dem vorigen Aufsatze behandelten Thema noch weiter unterhalte. Mich bei den thermischen Versuchen nicht beruhigt zu haben, war mir ganz besonders angenehm, als während der Beschäftigung mit den nachfolgenden Beobachtungen eine zweite Arbeit von Gaskell erschien (Journ. of anatomy and physiology XV. 720), welche zum grossen Theil in Widerspruch

Digitized by Google

mit den oben mitgetheilten Resultaten steht. Ich komme auf dieselbe am Schlusse dieser Abhandlung zurück.

Dass die mechanischen Bedingungen des Blutstromes Ursache der oben beobachteten Temperaturschwankungen sind, wird nicht mehr bezweifelt werden, sobald es gelingt darzuthun, dass solche Veränderungen in dem Verhalten der Gefässe, wie sie aus den thermischen Reobachtungen erschlossen wurden, in Wirklichkeit vorhanden sind. Zu dem Ende muss die oben mitgetheilte Versuchsreihe ihre Ergänzung finden in einer zweiten, welche den Blutstrom in den Muskeln unmittelbar zu controlliren die Aufgabe hat.

Sadler[1]) und Gaskell[2]) suchten in Ludwig's Laboratorio Aufschluss über die Strömungsvorgänge in dem Muskel dadurch zu gewinnen, dass sie die aus einer geöffneten Muskelvene in der Zeiteinheit ausfliessende Blutmenge direct bestimmten. So vorsichtig jene Versuche auch ausgeführt wurden, — sie haben den Uebelstand, dass bei längeren Beobachtungsreihen der Blutverlust des Thieres unvermeidlich eine Grösse erreicht, welche nicht ohne Rückwirkung auf den Gesammtkreislauf des Körpers bleiben kann; man ist also auf eine unvortheilhafte Beschränkung der Beobachtungsdauer angewiesen. —

Ueber die Weite der Gefässe, welche das Ursprungsgebiet einer bestimmten Vene bilden, muss ausser der Stromgeschwindigkeit in derselben auch der in ihr herrschende Druck Aufschluss geben. Mit Erweiterung der Arterien, welche die Capillaren speisen, wird der Venendruck steigen, mit Verengerung sinken. Für die Druckmessung in den Venen ist es aus bekannten Gründen Regel, T-förmige Cantilen behufs Messung des Seitendruckes an der Stelle, an welcher das Manometer eingesetzt wird, anzuwenden. Allein der Seitendruck in den grösseren Extremitätenvenen hat einen sehr geringen absoluten Werth; somit war zu erwarten, dass Veränderungen in den Zuflussbedingungen zu der der Untersuchung unterzogenen Vene, auch nur in verhältnissmässig geringen Schwankungen der Druckgrösse ihren Ausdruck finden würden. Wir haben deshalb in die Schenkelvene, welche mit mannigfachen Modificationen das Hauptobject unserer Beobachtungen war, das Mano-

1) Berichte der Leipziger Gesellschaft 1869, S. 189.

2) Arbeiten der physiol. Anstalt zu Leipzig. XI. 1876. S. 45.

Digitized by Google

meter mit einfacher Cantile eingesetzt, — anfangs zweifelhaft, ob die dadurch herbeigeführte Stauung in den Gefässen der Extremität nicht die Leistungsfähigkeit ihrer Wandungen in kurzer Zeit beeinträchtigen würde. Allein schon die ersten Versuche hoben uns über dies Bedenken hinaus. —

Es fragt sich zunächst, welche Bedeutung unter diesen Umständen die Druckmessung habe. Handelte es sich um eine Vene, welche den einzigen Abzugscanal eines geschlossenen, nirgends mit benachbarten Gebieten anastomosirenden Gefässbezirkes bildete, so würde sich in dem durch das Manometer geschlossenen Gefässe durch successives Einströmen von Blut aus der zuführenden Hauptarterie ein Druck herstellen gleich oder doch nahe demjenigen, welcher an dem Anfange dieser Arterie herrscht. Die grössere oder geringere Enge oder Weite der kleineren, aus der Hauptarterie hervorgehenden arteriellen Verzweigungen würde kaum von Einfluss auf den in der Vene gemessenen Druck sein. Ein solcher Fall dürfte sich aber schwerlich irgendwo im Körper an einer der Messung zugänglichen Stelle vorfinden, mit einziger Ausnahme des Hodens, wenn man alle Venen desselben bis auf eine einzige zur Messung dienende schliesst. In unserm Falle anastomosirt die zum Versuch verwandte Vene vielfach mit andern venösen Abzugscanälen der hintern Extremität. Der Druck in ihr, welchen das Manometer angiebt, wird mithin so lange durch Zustrom von Blut aus dem Capillargebiete steigen, bis die Blutzufuhr und der Abfluss durch die Anastomosen einander gleich geworden sind. Erweitern sich die Blut spendenden arteriellen Verzweigungen, so wird der Zufluss über den Abfluss wachsen, der Druck mithin steigen, verengern sich jene, so wird umgekehrt der Druck sinken. Man wird also an den Druckschwankungen ein Criterium für den Wechsel im Zustande der zuführenden Gefässe haben.

Alle Versuche über die Druckverhältnisse in den Venen haben mit einer grossen Schwierigkeit zu kämpfen, welche in dem häufigen Eintritte von Gerinnungen liegt[1]), — viel häufiger, als bei arteriellen Druckversuchen, weil hier die stete Bewegung der Flüssigkeit durch die Puls- und Respirationsschwankungen für fortwährende Vermischung von Blut und kohlensaurem Natron sorgt. Dem beregten Uebelstande zu entgehen, hat Schiff[2]) metho-

1) Vgl. Sadler a. a. O., S. 191.

2) Arch. f. exper. Pathol. II. S. 345.

Digitized by Google

dische Fütterung der Thiere mit kleinen Dosen Phosphor in öliger Lösung empfohlen. Allein seine Angabe, dass dabei viele Thiere, bevor sie zum Versuche reif, zu Grunde gingen, machte uns wenig Lust, diesen Weg zu betreten. In der peinlichen Lage, die grosse Mehrzahl der Versuche durch die immer wieder und wieder sich einstellenden Gerinnsel zu verlieren, wurde ich auf eine experimentelle Untersuchung von Köhler[1]) in Dorpat aufmerksam, welche Hilfe in der Noth versprach. Schon die ersten, nach dem gleich mitzutheilenden Verfahren angestellten Proben zeigten, dass unsre Hoffnung uns nicht getäuscht, und so sind wir bei der folgenden Versuchsreihe mit grossem Vortheile stehen geblieben.

Dem Versuchsthiere werden, je nach seiner Grösse, 60 bis 100 bis 150 Ccm. Blut entzogen, um sie fest gerinnen zu lassen. Die geronnene Masse wird mit der Scheere zerkleinert, durch Leinwand gepresst und die Pressflüssigkeit, welche frei von Faserstoffflocken sein muss, langsam in das centrale Ende der vorher blosgelegten und unterbundenen Art. brachialis eingespritzt. Bei derartig behandelten Thieren gerinnt das Blut ausserordentlich viel langsamer, als unter normalen Umständen.

Man kann aber bei dieser Vorbereitung zu dem eigentlichen Versuche die unangenehme Ueberraschung erleben, dass das Thier während oder unmittelbar nach der Injection plötzlich stirbt.

Sowohl die Verzögerung der Gerinnung als der plötzliche Tod beruhen auf den Eigenschaften des aus dem Blutkuchen gepressten und dem Thiere einverleibten Blutes. Dasselbe ist nämlich ausserordentlich reich an Gerinnungsferment. Im glücklichen Falle wird durch diese plötzliche Fermentüberschwemmung in dem Blute des Versuchsthieres eine grosse Zahl zerstreuter kleiner Gerinnungen an den verschiedensten Stellen des Körpers hervorgerufen, die gleichwohl den Gesammtkreislauf nicht merklich ändern. Zeuge dessen ist die Constanz des Carotidendruckes vor und nach der Injection. Durch diese multipeln Gerinnungen wird aber der Vorrath des Blutes an Fibrinogen so sehr herabgesetzt, dass nunmehr selbst das aus der Ader gelassene Blut ausserordentlich viel langsamer als im Normalzustande gerinnt und das Gerinnungsproduct eine ungemein lockere, weiche Beschaffenheit hat. Im un-

1) Arnim Köhler, Ueber Thrombose uod Transfusion, Eiter- und sextische -Infection und deren Beziehungen zum Fibrinferment. Diss. Dorpat 1877.

Digitized by Google

glücklichen Falle, — und dieser ereignet sich besonders bei zu schneller Injection — bilden sich schon während derselben massenhafte Gerinnsel im Herzen, die sofortigen Tod zur Folge haben. Wenn man, was wir nie verabsäumt haben — während der Injection den Carotidendruck controllirt, beobachtet man nicht selten schon nach Einverleibung von einigen Cubikcentimetern eine starke mit der Zeit wieder vorübergehende Drucksenkung, welche vorläufige Unterbrechung der Einspritzung gebietet. Sie rührt, scheint es, von kleineren Herz-Gerinnseln her, die nur dann gefährlich werden, wenn sie auf die im Herzen sich verbreitenden Depressor-Fasern stark erregend wirken. Wenigstens sind uns solche bedrohliche Druckherabsetzungen weit seltener vorgekommen, seit wir vor der Injection die nv. vagi beiderseits durchschnitten.

Ausdrücklich will ich noch hervorheben, dass die eben geschilderte Behandlung des Versuchsthieres keineswegs mit absoluter Sicherheit die Störung der Venendruckbeobachtungen durch Gerinnung ausschliesst. Allein in der grossen Mehrzahl der Fälle wird die Gerinnung doch ungemein verzögert, so dass man nur in viel grösseren Zwischenräumen als gewöhnlich zur Reinigung der Manometer zu schreiten braucht. Wer aber die Qual fortwährender Unterbrechungen der Beobachtung durch die leidigen Faserstoffgerinnsel kennt, wird mit uns Hrn. Köhler für seine Entdeckung aufrichtigen Dank wissen. Es lässt sich voraussehen, dass manche andere Versuche, z. B. solche mit der Ludwig'schen Stromuhr, jetzt viel glatter als vormals verlaufen werden. —

Der wesentlichste Versuch unsrer Reihe gestaltet sich nun folgendermassen.

Zwei Manometer werden mit den beiden venae crurales eines Hundes ungefähr in der Mitte des Oberschenkels, die Canülen nach abwärts gekehrt, in Verbindung gesetzt, nachdem 3—4 Tage vorher auf der einen Seite der nv. ischiadicus allein oder besser gleichzeitig mit dem nv. cruralis durchschnitten worden ist. Da die Einmündungsstellen der grössten Muskelvenen des Oberschenkels dicht unterhalb des lig. Pouparti liegen, hat die Schenkelvene an dem Orte des Versuches im Wesentlichen das Blut des Unterschenkels und des unteren Theiles des Oberschenkels aufgenommen, also keineswegs ausschliesslich Muskelblut, sondern zu einem nicht geringen Theile auch Hautblut. Zunächst kam es uns aber nur darauf an, die Art und Weise, wie sich bei der Methode der Venen-

Digitized by Google

druckmessung die Einwirkung der Gefässnerven auf den Gesammtblutstrom äussert, genauer kennen zu lernen, deshalb haben wir vorläufig von der Ausschliessung des Hautblutes abgesehen. — Die Schreibfedern der beiden an das bekannte Ludwigsche Kymographion angesetzten Manometer durften, da die zu zeichnenden Curven einander durchschneiden, nicht genau vertical über einander gestellt werden; desshalb sind senkrecht über einander liegende Punkte der Curven einander nicht zeitlich entsprechend. Die zeitliche Correspondenz der einzelnen Curvenpunkte ist aber sehr leicht ermittelt, wenn man den horizontalen Abstand der beiden Schreibfederspitzen aufzeichnet; Ordinaten der beiden Curven, welche in gleichem Sinne um gleich viel von einander abstehen, sind dann zeitlich zu einander gehörig.

Wie sich nun bei Reizung eines Empfindungsnerven der Druck in den beiden Schenkelvenen ändert, zeigt ein Blick auf die Curven IV. V. und VI., welche als Beispiele einer sehr grossen Anzahl vollständig entsprechender Versuche entnommen sind. In No. IV und VI haben beide Curven eine gemeinschaftliche Abscisse; in No. V gehört die Abscisse o o der obern, die Abscisse u u der untern Curve an. R ist der Moment der Reizung des centralen Endes eines sensibeln Nerven, hier des vagus, S der Schluss der Reizung. Die auf die Abscissen in Abständen, entsprechend je 10 Secunden aufgetragenen Zahlen bezeichnen den an einem Carotiden-Manometer abgelesenen arteriellen Druck, auf die der gelähmten Extremität entsprechende Abscisse bezogen. a b ist der Abstand der Spitzen der beiden Schreibfedern; die rechte Feder zog die Curve auf der gelähmten, die linke die Curve auf der normalen Seite. Der Vergleich der beiden Curven lehrt nun Folgendes:

1) Die Drucksteigerung beginnt in der Vene der normalen Seite später, als in der Vene der gelähmten Seite, denn hier entspricht die Ordinate b dem Anfange der Drucksteigerung. Stiege der Druck auf der normalen Seite gleichzeitig, so müsste die Ordinate a, deren Abstand von b ja gleich der Entfernung der beiden Schreibfederspitzen ist, den Beginn des Ansteigens der andern Curve (bei α) treffen. Der Punkt α liegt aber von a immer mehr oder weniger entfernt im Sinne einer Verspätung. Die Grösse der Verzögerung, welche die Drucksteigerung auf der normalen Seite erfährt, schwankt innerhalb weiter Grenzen (Vgl. z. B. die später

Digitized by Google

zu interpretirende Curve VIII). Ihre Ursache kann in nichts Anderm liegen als darin, dass die Gefässe, welche das Blut zu den Capillargebieten auf der normalen Seite führen, der Dehnung durch das Wachsen des arteriellen Druckes einen grösseren Widerstand entgegensetzen, als auf der gelähmten Seite, dazu befähigt durch die tonische Innervation ihrer Ringmusculatur. Es liegt der Gedanke nahe, dass dieser Tonus bei sensibler Reizung zunächst auf dem Wege des Reflexes sich verstärke, um die elastische Kraft der Gefässwand gegenüber der arteriellen Drucksteigerung zu erhöhen. Allein wenn man eine solche durch Reizung des nv. splanchnicus herstellt, wobei ja natürlich an eine Reflexwirkung auf die gefässverengenden Nerven nicht zu denken ist, tritt auf der normalen Seite die übrigens hier sehr wenig ausgiebige Drucksteigerung auch viel, und zwar sehr viel später ein, als auf der gelähmten. Die normalen Gefässe besitzen also auch ohne reflectorische Beihülfe die Fähigkeit, dem steigenden Drucke eine Zeit lang activen Widerstand entgegen zu stellen.

2) Das Maximum der Drucksteigerung liegt auf der normalen Seite erheblich höher als auf der gelähmten, sofern die Reizung der Empfindungsnerven hinreichend stark ist und seine Erregbarkeit noch nicht gelitten hat. In dem letzteren Falle kann der Unterschied der Maxima geringer oder selbst verschwindend werden.

3) Die Drucksteigerung dehnt sich auf der normalen Seite über einen sehr viel längeren Zeitraum aus als auf der gelähmten, weil sie dort überaus viel langsamer absinkt als hier. Die Curven haben niemals bis zu der Stelle, wo auf der normalen Seite der Anfangsdruck wieder erreicht wird, copirt werden können, weil zu diesem Zwecke die lithographirten Tafeln eine ungebührliche Länge, mindestens die doppelte, hätten erhalten müssen. Diese Unterschiede zu erklären, würde noch vor wenigen Jahren grosse Schwierigkeiten gehabt haben, nach den in der Arbeit von Ostroumoff entwickelten Vorstellungen scheinen sie leicht verständlich. Denn es ist unzweifelhaft, dass der grösseren Höhe und viel längeren Dauer der Drucksteigerung in der Vene der normal innervirten Seite eine stärkere und länger anhaltende Erweiterung der zuführenden Arterien entspricht. Da diese aber durch die Integrität der Gefässnerven bedingt ist, müssen unter den Fasern der letzteren solche sein, die bei reflectorisch angeregter Thätigkeit die Gefässe erweitern. Ueberraschend und nach den blossen thermo-

Digitized by Google

metrischen Beobachtungen nicht vorauszusehen ist die überaus lange Dauer der Gefässdilatation, welche die Dauer der sensibeln Reizung bei Weitem übertrifft. Eine ähnlich lange Nachwirkung der Reizung von Erweiterungsnerven beobachtete von Frey an der chorda tympani. (Arbeiten der physiol. Anstalt zu Leipzig. XI. 1876. S. 89.)

Um das Verhalten des venösen Druckes gegenüber dem arteriellen noch genauer zu controlliren, als es durch die gleichzeitig mit dem Zeichnen der Druckcurven an der Schenkelvene abgelesenen Erhebungen eines Carotiden-Manometers möglich ist, haben wir einige Doppelcurven an der Carotis einerseits, an der v. cruralis andererseits gezogen, an letzterer sowohl unter normalen Verhältnissen, als nach entweder unmittelbar oder einige Tage vorher voraufgegangener Durchschneidung der Nerven.

Die Curven I a und I b rühren von den beiden Schenkelvenen desselben Hundes her, I a entspricht der normalen, I b der gelähmten Hinterextremität, deren Gefässnerven unmittelbar vorher getrennt waren. In I b geht der Venendruck dem Arteriendruck vollständig parallel, beide beginnen gleichzeitig zu steigen und nach gleichzeitig erreichtem Maximo gleichzeitig zu sinken. In I a ist der Beginn der Drucksteigerung in der Vene verzögert gegenüber dem Anfange in der Arterie, Dank der tonischen Thätigkeit in der Ringmusculatur der zuführenden Gefässe, die Druckmaxima fallen nicht ganz zusammen, vielmehr steigt der Venendruck noch an, während der Arteriendruck schon zu sinken beginnt, offenbar weil die Wandungen der innervirten Arterien unter dem Einflusse der reflectorischen Reizung ihrer Erweiterer zu erschlaffen fortfahren zu einer Zeit, wo der Arteriendruck sein Maximum bereits überschritten hat. Oder vielmehr umgekehrt, das Sinken des Aortendruckes wird dadurch begünstigt, dass die kleineren Arterien sich erweitern und deshalb dem Blute leichteren Uebergang nach den Venen verstatten.

Etwas anders als in einer Vene, deren Gefässgebiet unmittelbar vor dem Versuche vasomotorisch gelähmt werden, verhält sich der Druck in einer Vene einige Zeit nach der Trennung der Gefässnerven, wofür Curve II ein Beispiel giebt. Auch hier ist das Ansteigen des Druckes gegenüber dem des arteriellen merklich verzögert, vor Allem aber steigt der Venendruck verhältnissmässig viel weniger, als in Curve I b. Der letztere Unterschied wird be-

Digitized by Google

sonders deutlich in Fig. III, welche die Curven der beiden Schenkelvenen eines Thieres giebt, bei dem der linke ischiadicus am 29. Juli, der rechte erst unmittelbar vor dem Versuche am 31. Juli durchschnitten worden war. Der linken Vene entspricht die obere Curve mit der Abscisse o o^1, der rechten die untere mit der Abscisse u u^1. Der Druck steigt in der Vene der unmittelbar vorher gelähmten Extremität erheblich höher als in der Extremität mit älterer Lähmung.

Die letzteren Beobachtungen führen uns wiederum auf die Arbeit von Ostroumoff zurück. In derselben ist angegeben, dass an einer Pfote mit durchschnittenen Gefässnerven bei sensibler Reizung im Allgemeinen gar keine oder doch nur eine schnell vorübergehende Temperatursteigerung eintrete. Nur wenn die Gefässnerven stark insultirt worden waren, wozu mitunter schon eine unmittelbar voraufgehende, ohne Schonung ausgeführte Trennung genügte, jedenfalls aber kurz voraufgegangene electrische Reizung von längerer Dauer führte, oder wenn oft hintereinander Drucksteigerungen herbeigeführt waren, trat anhaltendere Temperatursteigerung auf. Abgesehen von den letzteren Fällen, schienen also von den Centris isolirte Gefässe der dehnenden Wirkung der arteriellen Drucksteigerung Widerstand leisten zu können, denn es wurde selbst bei hohem Grade der letzteren die Temperatursteigerung vermisst; zu einem solchen activen Widerstande aber können sie nur dadurch befähigt werden, dass ihre Ringmusculatur auf die Drucksteigerung mit verstärkter Thätigkeit antwortet.

In unsern Druckcurven finden sich Momente, welche jener Auffassung durchaus günstig sind. Wären Gefässe, deren Nerven getrennt sind, nur noch elastische Schläuche, so müssten sie jeder Drucksteigerung passiv durch entsprechende Erweiterung folgen. Nun steigt aber in der Schenkelvene einer schon einige Tage gelähmten Extremität der Druck viel weniger an, als in einer frischgelähmten, das Ansteigen ist auch oft verzögert und geht dem Arteriendrucke nicht mehr vollständig parallel. Diese Erscheinungen weisen offenbar darauf hin, dass die das Blut den Capillaren zuführenden Arterien einige Zeit nach der Nervendurchschneidung dem in der Aorta steigenden Drucke erheblichere Widerstände entgegensetzen, zu denen sie kaum etwas anders als eine Action ihrer Muskelringe befähigen kann. Wenn ich die sehr zahlreichen mir vorliegenden Venencurven gelähmter Extremitäten durchmustere,

Digitized by Google

so finde ich oft genug, dass der Druck hier schon zu sinken beginnt, während der Aortendruck noch steigt (vgl. z. B. Fig. V und VIII). Für solche Fälle wüsste ich keine andere Deutung als die, dass durch das Ansteigen des Blutdruckes die vor den Capillaren befindlichen arteriellen Schleusen zu activer Verengerung veranlasst werden.

Ob aber dieser activen Verengerung gar keine Erweiterung voraufgeht, wie es bei dem häufigen Mangel jeder Temperatursteigerung an der Pfote in Ostroumoff's Beobachtungen schien, ist nach den Ergebnissen der Druckmessung kaum zu entscheiden. Denn der Druck steigt ja in der Vene der gelähmten Seite ausnahmslos an, wenn schon die Steigerung von nicht langer Dauer ist. Erwiesen wird durch dieses Anwachsen des venösen Druckes freilich eine primäre Erweiterung der arteriellen Zuflussbahnen nicht; auch bei unveränderter Weite derselben müsste ja in Folge des gesteigerten Aortendruckes eine grössere Blutmenge in die Venen hinüberströmen. Sollte aber auch Erweiterung stattfinden, so würde sie, wie der Mangel irgend welcher erheblichen Temperaturerhöhung an der Haut beweist, immer nur geringgradig und von kurzer Dauer sein können.

In kurzer Zusammenfassung würden sich also bei Reizung von Empfindungsnerven an den Extremitätengefässen folgende Vorgänge abspielen. Während der Aortendruck steigt, dehnen sich in Gefässbezirken, deren Nerven unmittelbar vorher durchschnitten worden sind, die Wandungen sofort aus, so dass der Venendruck parallel dem Arteriendruck steigt oder sinkt [1]). Ist die Durchschneidung bereits vor einigen Tagen geschehen, so sind die Gefässwandungen gegenüber dem Anwachsen des Aortendruckes widerstandsfähiger und zu activer Reaction befähigt geworden. Deshalb geht der Venendruck dem Aortendrucke nicht mehr vollständig parallel: er steigt langsamer und minder hoch an, als im ersten Falle und kann bereits zu sinken beginnen, bevor der arterielle Druck sein Maximum erreicht hat. Normal innervirte Gefässbezirke leisten der Zunahme des Aortendruckes anfangs noch kräftigeren Widerstand. Die Venendrucksteigerung beginnt in der Regel noch

1) Das Letztere sieht man mitunter sehr schön bei Thieren, deren Aortendruck die bekannten Traubeschen Wellen zeigt. Ihnen parallel gehen entsprechende Wellen des Venendruckes.

Digitized by Google

verhältnissmässig später. Bald aber treten die Erweiterungsnerven in's Spiel, welche die Wandungen der zuführenden arteriellen Verästelungen erschlaffen. Damit steigt der Venendruck in solchen Gefässbezirken weit über den gelähmter Territorien hinaus und kehrt nur sehr langsam und allmählich, nachdem die arterielle Drucksteigerung bereits rückgängig geworden, zu seinem Ausgangswerthe zurück.

Es ist hier der Ort, einer gelegentlich gemachten Beobachtung zu gedenken, welche weiterer Verfolgung werth ist. Wir verglichen das Verhalten des arteriellen Druckes mit dem Drucke in den beiden Schenkelvenen bei Reizung des nv. splanchnicus, während kurz vorher die Gefässnerven einer Hinterextremität durchschnitten waren. Wenn bei der Reizung der Aortendruck stieg, folgte ihm der Druck in der Vene der gelähmten Extremität mit Präcision; in der andersseitigen blieb der Druck während des Ansteigens des Aortendruckes unverändert. Um die Zeit aber, wo der Aortendruck herunterzugehen begann, fand eine freilich immer nur sehr geringgradige Steigerung des Venendruckes der gesunden Seite statt. Es scheint also, dass arterielle Drucksteigerung für sich eine mässige centrale Reizung der Erweiterungsnerven herbeizuführen vermag, — ein vom teleologischen Standpunkte aus sehr zweckmässiges Ereigniss, weil diese Reizung den gesteigerten Druck zu erniedrigen geeignet ist. Ich betone, dass die Drucksteigerung in der normalen Vene stets nur sehr gering war: deshalb erfährt nach Ostroumoff's Beobachtungen die Temperatur an den Pfoten bei Splanchnicusreizung keine Veränderung.

Die wichtigste der von uns mitgetheilten Beobachtungen, welche durch die Curven IV—VI erläutert wird, haben wir auf noch anderem Wege bestätigt, die Beobachtung nämlich, dass bei dem Vergleiche des Venendruckes in einer normalen und einer vasomotorisch gelähmten Extremität zuerst der Druck hier ansteigt, später aber dort bei Weitem überwiegend wird. Die folgende Versuchsform lehrt in anschaulicher Weise dieselbe Thatsache.

Die betreffenden beiden venae crurales werden mit einem Differenzialdruckmesser in Verbindung gesetzt, wie ihn meines Wissens zuerst Cl. Bernard angewandt hat, d. h. also, jede mit einem Schenkel einer U-förmigen mit einer Scala versehenen und im unteren Theile mit Quecksilber, in dem obern mit Sodalösung

Digitized by Google

gefüllten Röhre. Der Unterschied des Quecksilberniveaus in ihren beiden Schenkeln giebt unmittelbar den Druckunterschied in beiden Venen. Bei derartiger Vorbereitung sieht man, wenn der Bauchsympathicus oder der ischiadicus einer Seite durchschnitten worden ist, den Druck auf dieser Seite überwiegen, bei hinreichend starker Reizung eines Empfindungsnerven aber den andersseitigen Druck die Oberhand gewinnen.

Beispiel. Versuch vom 20. April 1876. Durchschneidung des linken Bauchsympathicus, Differenzialmanometer in Verbindung mit beiden Schenkelvenen. Es ergeben sich folgende in Zwischenräumen von je 30 Secunden abgelesene Druckunterschiede, — welche positiv verzeichnet sind, wenn der Druck auf der vasomotorisch gelähmten, negativ, wenn er auf der normalen Seite überwiegend war.

Vor der Reizung: +25, +21, +22, +21.
Während centraler Reizung des linken vagus: —10, —32.
Nach derselben: —22, —7, +20.
Suspension der Athmung: +23, +23, +17, —10, —18.
Aufnahme der Athmung: —11, —4, ± 0, +8, +9.

Versuch vom 5. Juni 1877. Durchschneidung des nv. ischiadicus und nv. cruralis linkerseits. Differenzial-Manometer in Verbindung mit beiden venae crurales. Ablesung der Druckdifferenzen (positiv bei Ueberdruck auf der gelähmten Seite) alle Minuten.

Vor der Reizung: +35, +42, +42.
I. Reizung des linken vagus (X—VIII): +44, +50, +35, +30, +28, +30.
Nachher: +42,5, +30.
II. Nochmalige Reizung (VII): +38, +8, —48.
Nach Schluss derselben: —37, —27, —11, +4, +18.
III. Wiederholte Reizung (VII): +24, +4, —13.
Nach Schluss: +4, +13.
Suspension der Athmung: +22, —39, —72.
Nach Schluss: —20, —20, —6, +4, +14, +16, +20, +20.
IV. Reizung (VI, 5—V): +40, +25, +9, +4, +4.
Nachher: +5, +12.
Suspension der Athmung: +26, —77, —94.
Wiederaufnahme der Athmung: —48, —27, —10, +4, +8, +10, +12, +12.
Pause 14 Min.; Präparation des rechten vagus, Reinigung der Canülen.
Vor der Reizung: Mehrere Minuten constant +12.
I. Reizung des rechten Vagus (VIII—VI): +14, +12, +10, +6, —9, —27.
Nachher: —10, ± 0, +2, +4.
Suspension der Athmung: +4, +6, —66, —92.
Wiederaufnahme: —40, —38, —21, —15, —7, —2, ± 0, +2, +4, +2, +2, +2.
II. Reizung (VI): +4, —17, —36.
Nach Schluss: —15, —8, —4, —2, ± 0, ± 0, +2, +2, +2.

u. s. f.

Digitized by Google

Hier zeigt sich also, dass bei Beginn jeder Reizung — oder Athmungssuspension — zuerst der Druck auf der gelähmten Seite steigt, denn die positive Druckdifferenz, welche Ueberdruck auf dieser Seite anzeigt, wird grösser, später im Verlaufe der Reizung der Druck auf der normalen Seite überwiegend wird, denn die Druckdifferenz wird negativ. Das letztere tritt nur dann nicht ein, wenn die Reizung zu schwach (I. Reizung) aber der benutzte Nerv schon erschöpft ist (IV. R.) Aber auch unter diesen Umständen sinkt die — positiv bleibende — Druckdifferenz auf einen sehr geringen Werth.

Beiläufig gehören Versuche der letzteren Art zu den peinlichsten, weil jede Gewinnung auf einer der beiden Seiten sofort die Flüssigkeitsbewegung auch auf der andern hemmt, also die Störungen durch Gerinnungen gegenüber einem einfachen Manometerversuche sich verdoppeln.

Der vorliegende Aufsatz, welcher seiner Ueberschrift nach von der Innervation der Muskelgefässe handeln sollte, ist bisher dieser Aufgabe sehr wenig gerecht geworden, denn alle mitgetheilten Beobachtungen beziehen sich auf den Gesammtblutstrom in der Schenkelvene, die ja eine sehr erhebliche Quote ihres Blutes aus Hautgefässen bezieht. Ich werde mich nun aber in Bezug auf die Muskelgefässe kurz fassen können, wenn ich von vornherein bemerke, dass alle Erscheinungen, welche bisher mitgetheilt wurden, sich an ihnen wiederholen.

Um sie für den Versuch zugänglich zu machen, haben wir, statt wie bisher den untern Theil der vena cruralis zu benutzen, uns des oberen Theiles derselben bedient, dabei ganz das von Gaskell eingeschlagene Verfahren befolgend. Nachdem das lig. Pouparti durchschnitten worden und die Vene in dem Schenkelcanale aufgesucht war, wurde an dieser Stelle ein Faden um dieselbe gelegt, um sie zur geeigneten Zeit schliessen zu können. Sodann wurden bis zur Mitte des Oberschenkels alle Zweige unterbunden mit Ausnahme der beiden grossen, dicht unter dem Poupartschen Bande einmündenden Venen, welche das Blut von Innen her aus den Lungenmuskeln und von aussen her aus den Streckmuskeln zuführen. In die Beugervene ergiesst sich meistens eine grössere, wesentlich Hautblut führende Vene, welche geschlossen wurde. Legt man

Digitized by Google

nunmehr in den Stamm der Schenkelvene etwas weiter unterhalb die Canüle des Manometers mit aufwärts gerichteter Mündung und schliesst dann den Stamm oberhalb des Poupart'schen Bandes, so hat man es ganz überwiegend mit Muskelblut zu thun. Um indess Gaskell's Verfahren vollständig nachzuahmen, haben wir in vielen Fällen auch noch die Beugervene unterbunden, also nur die Streckervene mit dem Hauptstamme in Verbindung gelassen, ohne damit die Erscheinungen in andrer Weise zu ändern, als dass alle Druckschwankungen wesentlich träger vor sich gehen, offenbar weil die Zahl der Zu- und Abflüsse zu dem unter diesen Verhältnissen in Arbeit genommenen Gefässbezirke jetzt eine sehr geringe geworden.

Leicht gelingt es zunächst, sich zu überzeugen, dass bei Reizung des Bauchsympathicus oberhalb der Theilungsstelle der Aorta der Druck in dem Manometer anhaltend sinkt. Wir haben diese Beobachtung sowohl mittelst des Differenzialmanometers angestellt — dabei steigt natürlich das Quecksilber in demjenigen Manometerschenkel an, welcher mit der Schenkelvene der gereizten Seite in Verbindung steht, weil der Druck in der andersseitigen Vene das Uebergewicht erhält — als auch mittelst des Kymographions. Es gehen also, wie schon die oben mitgetheilten thermoelectrischen Versuche mit voller Evidenz nachweisen, durch den Sympathicus Verengerungsfasern für die Muskelgefässe der hintern Extremität, welchen diese willig und auf lange Dauer gehorchen. —

Weiter gelingt es mittelst der oben für den allgemeinen Blutstrom in der Schenkelvene angegebenen Methoden darzuthun, dass bei Reizung von Empfindungsnervenstämmen die Muskelgefässe sich erweitern. Beschränkt man den Zufluss zu dem obern Ende der vena cruralis allein auf die Streckervene, so fällt sowohl auf der durch Sympathicusdurchschneidung gelähmten als auf der normalen Seite die Drucksteigerung in der Regel nicht sehr hoch aus. Ich wähle in Curve VII ein Beispiel, in welchem statt des vagus der nerv. medianus der rechten Vorderextremität gereizt wurde. Der arterielle Druck und dem entsprechend der venöse auf der Seite der Lähmung steigen nur wenig, der Venendruck der normalen Seite, obschon sein Anwachsen viel später beginnend, überholt den andersseitigen um eine verhältnissmässig bedeutende Grösse.

In der Arbeit von Ostroumoff ist u. A. gezeigt worden,

Digitized by Google

dass für die Erweiterungsnerven der Hautgefässe in dem Nicotin ein mächtiges Erregungsmittel gegeben ist. Gleiches gilt für die Muskelgefässe wie Curve VIII zeigt, an denselben Gefässen wie die vorige Curve gewonnen. In der Zeit, welche dem Zwischenraume zwischen den beiden unter der Abscisse gezeichneten Pfeilen entspricht, wurden dem Thiere 2 Ccm. einer Nicotin-Lösung in die Jugularvene eingespritzt, welche 5 Tropfen Nicotin auf 100 Ccm. Wasser enthielt.

Wir begegnen dem gewohnten Verlaufe der Drucksteigerung auf den beiden Seiten. Ich mache noch besonders darauf aufmerksam, dass hier der Druck auf der gelähmten Seite lange, bevor der Aortendruck sein Maximum erreicht hat, zu sinken beginnt.

Somit wäre durch die mitgetheilten beiden Versuchsreihen, denke ich, mit Evidenz nachgewiesen, dass die Muskelgefässe, wie die der Haut, sowohl Verengerungs- als Erweiterungsfasern erhalten, was schon Sadler a. a. O. 199 vermuthete, ohne sichere Beweise zu finden. — Bei directer electrischer Reizung, sei es des Bauchsympathicus, sei es des ischiadicus, verengen sich die Gefässe, und zwar nicht bloss vorübergehend, sondern anhaltend. Man kann aber durch electrische Reizung auch Erweiterung der Gefässe des Wadenmuskels herbeiführen, wenn man den ischiadicus einige Tage vorher durchschnitten hat. Bei Reizung sensibler Nervenstämme werden dagegen die Muskelgefässe, wie die der Haut, erweitert, und zwar nicht mechanisch durch das Steigen des arteriellen Druckes, sondern in Folge reflectorisch angeregter Nervenwirkungen, wie der Vergleich des Blutstromes in gelähmten und nicht gelähmten Muskeln zeigt.

Mit diesen Beobachtungen, welche sämmtlich unter Ausschluss der Muskelcontraction — sei es durch Curara-Wirkung, sei es durch Wahl des Sympathicus als Reizobjekt — angestellt wurden, ist nun freilich noch nicht ausgesagt, wie sich der Blutstrom in den Muskeln bei ihrer Thätigkeit verhält. Aber nachdem die Rolle der Gefässnerven für sich festgestellt ist, wird es jetzt leichter werden, die verwickelteren Strömungsvorgänge experimentell zu analysiren und auf ihre Ursachen zurückzuführen, welche in dem sich verkürzenden und wieder erschlaffenden Muskel sich abspielen

Digitized by Google

und für welche wir in den aus Ludwig's Laboratorio hervorgegangenen Untersuchungen schon so reiche Erfahrungen besitzen.

Ich kann diese Zeilen nicht beenden, ohne auf die neueste Arbeit von Gaskell (Journ. of anatomy and physiology XI 720) mit einigen Worten zurückzukommen, da ihre Ergebnisse zum Theil in directem Widerspruche mit den unsrigen zu stehen scheinen.

Gaskell war in der glücklichen Lage, an dem msc. mylohyoideus des Frosches die Lumenschwankungen der Muskelarterien direct beobachten zu können, welche wir aus mühsamen thermischen und hämodynamischen Beobachtungen erschliessen mussten. Er sah bei directer Reizung der Muskelnerven stets nur Erweiterung der Arterie ohne voraufgegangene Verengerung, — welche unter gewissen Bedingungen der Dilatation folgte, — bei Reizung sensibler Nerven stets Verengerung ausser wenn die Schleimhaut des Kehlkopfes chemisch oder mechanisch gereizt wurde. Durch Beobachtungen, welche grade das Gegentheil der unsrigen sind, kam auch er zu dem Schlusse, dass die Muskelgefässe sowohl verengernde, als erweiternde Nerven besitzen.

Ich bin weit davon entfernt, die Richtigkeit seiner Angaben anzweifeln zu wollen, muss aber auf das Entschiedenste vor der Uebertragung seiner am Frosche gewonnenen Erfahrungen auf das Säugethier warnen, wozu er, nach seiner Polemik gegen gewisse Angaben von Hafiz zu urtheilen, Neigung zu haben scheint. Denn es ist ganz zweifellos und mit Rücksicht darauf, dass die Kaltblütter ja jeder Wärmeregulation entbehren, nicht grade wunderbar, dass die Mechanik der Gefässinnervation bei diesen und bei Säugethieren verschiedenen Gesetzen folgt. Weniger umständlich als für die Muskelgefässe, ist diese Verschiedenheit für die Gefässe der Haut zu erweisen. Die Schwimmhautarterien sah Gaskell, wie schon viele Beobachter vor ihm, bei sensibler Reizung sich verengen; der Erweis, dass die Gefässe der Pfote beim Hunde sich auf Reizung von Empfindungsnerven erweitern, ist nach der von mir gegebenen Methode mit absoluter Sicherheit zu führen. Es würde mithin unrichtig sein, aus Gaskell's Beobachtungen irgend welche Einwürfe gegen die unsrigen, oder umgekehrt, ableiten zu wollen.

Digitized by Google

III.

Einige Versuche und Fragen, die Kenntniss der reflectorischen Drucksteigerung betreffend.

Von

P. Grützner und **R. Heidenhain.**

I.

Die oben mitgetheilten Versuche über die Innervation der Muskelgefässe waren durch eine Reihe von Beobachtungen hervorgerufen worden, deren kurze Mittheilung wir nicht unterlassen wollen, obschon ihr Resultat bis jetzt nicht sowohl dazu geführt hat, aufgeworfene Fragen zu erledigen, als neue Fragen nahe zu legen.

Nach allgemeiner und gewiss richtiger Annahme beruht die bei Reizung von Empfindungsnerven eintretende Steigerung des Aortendruckes auf einer Vergrösserung der Abflusswiderstände, welche das Blut bei seinem Uebergange aus den Arterien in die Venen findet, herbeigeführt durch mehr oder weniger energische Verengerung der kleineren arteriellen Verzweigungen. Seit letzthin nachgewiesen worden ist, dass die Gefässe der Haut sich an dieser Verengerung nicht betheiligen, vielmehr im Gegentheil bei jeder starken Reizung eines empfindenden Nervenstammes sich erweitern, so sehr, dass die Temperatur jählings und bedeutend steigt, musste die bisherige Ansicht aufgegeben werden, dass an der Herbeiführung jener Drucksteigerung die gesammten kleinen Arterien betheiligt seien. Es stellte sich jetzt vielmehr die Aufgabe, diejenigen Gefässbezirke genauer zu ermitteln, durch deren Verengerung jene Spannungserhöhung herbeigeführt wird, welches das Verhalten der Hautgefässe doch nur entgegenzuwirken im Stande ist.

Dass dahin vor Allem das Splanchnicus-Gebiet gehört, lehrt auch ohne verwickeltere Untersuchungsmethoden ein Blick auf die Därme, welche bei der sensiblen Reizung erblassen, Dank einer oft genug ohne Weiteres sichtbaren Verengerung oder selbst völligen Verschliessung ihrer Arterien. Betheiligt sind an dieser Widerstandsvergrösserung ferner die Blase und der Uterus, an welchen ähnliche Wahrnehmungen unschwer anzustellen sind. Die-

Digitized by Google

ses ganze Stromgebiet ist ein so bedeutendes, dass dasselbe möglicher Weise allein durch Abgabe von Blut an die übrigen Gefässgebiete in Folge der Verengerung oder weit ausgedehnten Schliessung seiner arteriellen Verzweigungen die Kosten der gesteigerten Aortenspannung trägt. Der Weg, hierüber Gewissheit zu erlangen, ergab sich von selbst. Er bestand in dem Versuche sensibler Reizung nach Ausschaltung jenes Gebietes. Trat unter diesen Bedingungen noch arterielle Drucksteigerung ein, so war jene Vermuthung widerlegt, im negativen Falle als richtig erwiesen.

Wir begannen damit, bei Kaninchen die arteria coeliaca, mesenterica superior und vena portae zu unterbinden, ohne im Stande zu sein, dadurch den gewohnten Reizerfolg bei Benutzung des vagus oder eines Zweiges des Armgeflechtes und Messung des Druckes in der Carotis aufzuheben. Aber wenn auch die Schliessung der Pfortader und der beiden grössten Aortenzweige, welche dem Magen und den Därmen ihr Blut zuführen, den umfangreichsten Theil des oben bezeichneten Gefässbezirkes ausser Wirksamkeit setzte, so doch nicht den ganzen. In weiteren Versuchen wurde, ebenfalls bei Kaninchen, die aorta über dem Abgange der art. coeliaca, ferner die v. cava inferior über der Einmündung der Nierenvenen und die vena portae geschlossen. Der Grund weshalb wir es nicht bei der Unterbindung der Aorta bewenden liessen, sondern die beiden grossen Venen ebenfalls undurchgängig machten, liegt auf der Hand: die Aortenverzweigungen konnten ja bei reflectorischer Reizung ihrer Vasomotoren durch Zusammenziehung Blut in die vordere Körperhälfte hinübertreiben, so lange jene venösen Abflusswege des Hinterkörpers wegsam waren. Es erschien demnach geboten, mit der grossen Schlagader auch die grossen Blutaderstämme zu schliessen. Der Erfolg wurde nicht anders; es trat noch immer Steigerung des Carotidendruckes ein.

Selbstverständlich kann unter derartigen Versuchsbedingungen die Druckerhöhung nicht mehr eine hochgradige sein. Von dem Umfange derselben giebt die Curve IX ein passendes Beispiel. Die Abscisse derselben ist 35 mm. über dem Nullwerthe des Druckes gezeichnet, bei R beginnt die Tetanisirung eines Zweiges des Armgeflechtes, bei S schliesst dieselbe. In dem gleichen Versuche wurde die Reizung sehr wiederholt mit demselben Resultate angestellt, zuletzt nachdem noch beide Halssympathici durchschnitten worden waren. Die Wirksamkeit der Reizung auch noch unter

Digitized by Google

diesen Umständen zeigt Curve X; sie ist uns deshalb besonders interessant, weil ja mit der Durchschneidung der sympathici ein grosser Theil der Gefässe des Kopfes ausser Wirksamkeit gesetzt ist.

Aber immer noch war ein Theil des splanchnischen Gebietes nicht mit Sicherheit an der Betheiligung bei der Druckerhöhung verhindert. Die Leberarterie und die Pfortader waren zwar ausser Strömung gesetzt; aber das reiche Gefässnetz der Leber blieb doch noch durch seine Venen in Verbindung mit dem Vorderkörper, da ja die Ligatur um die untere Hohlvene unterhalb der Einmündungsstellen der Lebervenen lag. Sollten etwa die Lebergefässe durch reflectorische Zusammenziehung ihren Inhalt in die obere Hohlvene und durch diese dem Herzen zutreiben, so dessen Füllung steigernd und damit den Carotidendruck erhöhend?

Zur Prüfung dieser freilich schon an sich recht unwahrscheinlichen Deutung fügten wir der Unterbindung der grossen Gefässstämme noch die Durchschneidung des Rückenmarkes in der Höhe des zwölften Brustwirbels und die Trennung beider splanchnici unmittelbar nach ihrem Durchtritte durch das Zwerchfell hinzu. Oder vielmehr, wir schickten jene Durchschneidungen den Unterbindungen vorauf. Bei einem Versuche der Art erhielten wir nur negative, bei drei andern positive Resultate. In diesen drei Fällen wurde zuerst die Rückenmarksdurchschneidung gemacht; die sensible Reizung blieb stark wirksam. Darauf wurden die splanchnici getrennt, der arterielle Druck sank erheblich herunter; die Reizungen waren erfolglos geworden. Als aber darauf zuerst die Aorta, dann die grossen Venen unterbunden wurden, und in Folge dieser Unterbindungen der gesunkene arterielle Druck wieder nicht unbedeutend gestiegen war, zeigte sich sowohl die Tetanisirung des Armgeflechtes als der vagi wieder von zweifellosem Erfolge begleitet. Da nun unter diesen Versuchsbedingungen die oben vermuthete active Betheiligung der Lebergefässe an der Druckerhöhung wohl durch die Trennung des Rückenmarkes und der splanchnici ausgeschlossen war, musste die Quelle für die Drucksteigerung in irgend welchen oberhalb des Zwerchfelles gelegenen Gefässprovinzen gesucht werden.

Dass hier eine solche vorhanden ist, davon kann man sich bei Hunden auf weniger umständlichem Wege überzeugen, wenn man die Aorta und die obere Hohlvene oberhalb des Zwerchfelles

Digitized by Google

schliesst, sich von der Abdominalhöhle her durch jenes hindurch einen Weg zu ihnen bahnend. Die sensible Reizung wirkt in prägnanter Weise druckerhöhend, wie das einem Hunde entnommene Curvenbeispiel XI zeigt.

Nachdem wir somit festgestellt, dass arterielle Drucksteigerung auf reflectorischem Wege ohne irgendwelche Hülfe der Unterleibsgefässe herstellbar ist, schien es uns unzweifelhaft und kaum experimenteller Prüfung bedürftig, dass die Muskelgefässe das reflectorisch sich verengende Territorium darstellen müssten, von dessen Thätigkeit bei der sensibeln Reizung wir so oft einen anschaulichen Ausdruck in unsern Curven gewonnen hatten.

Zwar war die an dem isolirten Oberkörper erzielbare Drucksteigerung immer nur eine geringgradige, was die Verursachung derselben durch so grosse Antheile des gesammten Gefässraumes, wie der durch die Gesammtmasse der Muskeln am Vorderkörper repräsentirte von vornherein verdächtig zu machen geeignet war. Allein wenn die Angabe von Hafiz, dass die Contractilität der Muskelarterie eine nur geringgradige sei, sich bewahrheitete, so konnte sich der geringe Werth der Drucksteigerung mit dem grossen Gewichte, welches die Muskeln in der Zusammensetzung des Vorderkörpers einnehmen, trotzdem recht wohl vertragen.

Von diesen Ueberlegungen ausgehend, geriethen wir nicht in geringe Verlegenheit, als unsre thermischen Versuche an den Muskeln lehrten, dass sich die Gefässe derselben, wie die der Haut, bei reflectorischer Erregung erweitern. Wo sollte nun am Vorderkörper die Widerstandsvergrösserung bei sensibler Reizung gesucht werden, wenn in der Haut und in den Muskeln der Widerstand sinkt, zumal in Fällen, wo noch durch Trennung beider Halssympathici das ausgebreitete Gefässterritorium der letzteren am Kopfe gelähmt worden war? Die Verlegenheit war so gross, dass wir anfingen, den aus unsern Wärmemessungen bezüglich der Muskelgefäss - Innervation abgeleiteten Schlüssen zu misstrauen, obschon wir eigentlich nicht sahen, wo der Fehler in unsern Schlüssen liegen sollte. Nachdem nun aber die zweite der oben mitgetheilten Versuchsweisen die Ergebnisse der ersten in allen Hauptpunkten bestätigt hat, bleibt uns leider Nichts übrig, da wir für jetzt durch anderweite dringende Aufgaben zu sehr in Anspruch genommen sind, um auf dem betretenen Wege fortzuschreiten, als die oben ventilirte Frage zur Discussion zu stellen, überzeugt dass

Digitized by Google

bei methodischem Fortexperimentiren nach den von uns benutzten Methoden eine Lösung sich sicher ergeben wird.

Wer diesen Gegenstand wieder aufnimmt, wird gleichzeitig eine zweite Frage erledigen können, nicht minder interessant als die erste. Wie nämlich an dem isolirten Vorderkörper durch sensible Reizung Drucksteigerung, so kann durch Reizung des nv. depressor Druckherabsetzung in der Aorta erzielt werden. Bekanntlich wirkt mitunter beim Hunde der vagus depressorisch; er fährt darin fort, nachdem die beiden grossen Gefässstämme oberhalb des Zwerchfelles geschlossen sind. Am besten experimentirt man bezüglich dieser Fragen an der Katze. Wo bei ihr ein isolirter Depressor fehlt, — was nicht selten der Fall, wirkt der vagus oder der Stamm des Sympathicus depressorisch, bald auf der einen Seite, bald auf der andern, mitunter auf beiden. Der betreffende Nervenstamm büsst aber diesen Einfluss nach Verschluss der aorta, v. cava inferior und vena portae an den früheren Stellen keineswegs ein, ja er äussert ihn kaum in vermindertem Masse. Wir haben an ein und demselben Thiere jene Gefässe mittelst Ligaturstäbchen, die aus dem Unterleibe herausgeleitet waren, wechselsweise geschlossen und geöffnet. Nach der Wiederöffnung muss man eine Zeit lang warten, bis der zunächst stark herabgesetzte Druck durch allmähliche Wiederherstellung des Tonus der Abdominalgefässe sich wieder gehoben hat. Die relative Grösse der Depressorwirkung war unter beiden Bedingungen nicht wesentlich verschieden. Am interessantesten gestaltet sich die Beobachtung, wenn man nach Isolirung des Vorderkörpers abwechselnd durch Reizung des Vagus Drucksteigerung und durch Reizung des depressor Druckherabsetzung erzielt. Da Katzen unter der Unterbindung der grossen Gefässstämme wenig leiden, fallen die Druckänderungen so erheblich aus, dass man den Kymographioncurven schwerlich ansehn würde, ob sie von dem Gesammtthiere oder nur von seiner vordern Hälfte gewonnen sind.

II.

Vor einigen Jahren hat Cyon[1]) in dem unten citirten Aufsatze die Angabe gemacht, dass bei Thieren, welche in den Zu-

1) Mélanges biologiques tirés du bulletin de l'academie imperiale des sciences de St. Petersburg T. VII. 22. Dec. 1870, 3. Juni 1872.

Digitized by Google

stand starker Chloralnarcose versetzt worden sind, Reizung der Empfindungsnerven nicht mehr Drucksteigerung, sondern Druckherabsetzung herbeiführe.

Diese Thatsache ist von dem Einen von uns in zwei Aufsätzen bestritten worden[1]). Nachdem in einer mit sehr sorgfältigen Versuchen ausgestatteten Abhandlung Latschenberger und Deahna[2]) auf dieselbe bestätigend zurückgekommen, gaben wir uns von Neuem Mühe, die sich immer wiederholende Angabe auch unsrerseits bekräftigen zu können. Aber wie wir auch das Chloral dosiren mochten, wie auch die Versuche möglichst variiren, es schien hier in Breslau unmöglich, zu beobachten, was anderorts mit Leichtigkeit gesehen worden war. Wir dachten, dass etwa das in Freiburg benutzte Chloral oder Curara andere Eigenschaften gehabt haben möchte, als unsere Präparate. Aber auch als Hr. Prof. Funke auf unsre Bitte die Güte hatte, uns Proben der dortigen Narcotica behufs einiger Versuche zu senden, blieben unsre experimentellen Bestrebungen erfolglos wie früher. Ueberzeugt, dass die Differenz der Resultate von irgend einem von uns bisher übersehenen Umstande abhängen müsse, erbat sich der Eine von uns direct von Hrn. Dr. Latschenberger möglichst genaue Mittheilung der Versuchsbedingungen. Trotzdem, dass nun von uns Alles, was uns in freundlicher Beantwortung der Anfrage mitgetheilt worden, auf das Genaueste befolgt worden, blieb Alles beim Alten, bis wir endlich darauf aufmerksam wurden, dass Latschenberger und Deahna vorzugsweise an Kaninchen, wir ganz ausschliesslich an Hunden experimentirt hatten. Damit war die Lösung des Räthsels gegeben; denn gleich bei dem ersten Versuche an einem curarisirten und chloralisirten Kaninchen gab, als bei successiver Injection die nöthige Chloraldosis erreicht worden war, Reizung des ischiadicus die schönste primäre Druckherabsetzung, ohne voraufgegangene Steigerung. Während wir seitdem an Kaninchen diesen Erfolg oft gehabt, ist es uns auch bis jetzt niemals gelungen, ihn bei Hunden herbeizuführen[3]).

---

1) R. Heidenhain, dieses Arch. Bd. IV. S. 551 und Bd. IX. S. 250.

2) Dieses Archiv Bd. XII. S. 157.

3) An dem Vagus des Hundes darf man über die vorliegende Frage nicht experimentiren. Er wirkt nicht selten von vorneherein depressorisch. Oft schlägt seine anfänglich pressorische Wirkung im Laufe eines Versuches

Digitized by Google

Dieser Unterschied in dem Verhalten beider Thiere ist höchst bemerkenswerth; seine zufällige Entdeckung warnt davor, Ergebnisse über Gefässinnervation, welche an dem einen Thiere gewonnen sind, sofort ohne Weiteres auf das andere zu übertragen oder zu verallgemeinern. —

Latschenberger und Deahna sind geneigt, auf Grund nicht bloss der Chloral-, sondern auch einer Reihe anderer Beobachtungen in jedem sensibeln Nervenstamme neben auf dem Wege des Reflexes drucksteigernden auch druckherabsetzende Nervenfasern anzunehmen. Wenn in der That jene eher ermüdbar oder durch Chloral erschöpfbar sind als diese, ist die Möglichkeit einer Umkehr der reflectorischen Reaction unter gewissen Bedingungen gegeben.

Zur Bewahrheitung dieser Hypothese müsste freilich eine Anzahl anderer vorläufig gleich berechtigter ausgeschlossen werden. Wenn aber depressorische Fasern eine so weite Verbreitung im Körper haben sollten, wie es Latschenberger und Deahna annehmen, so schien die Möglichkeit nicht ferne zu liegen, Bahnen isolirt verlaufender Depressorfasern aufzufinden, wie sie Cyon und Ludwig in dem bekannten Vaguszweige des Kaninchens entdeckt haben.

Von diesem Gedanken geleitet, haben wir eine sehr grosse Zahl empfindlicher Nervenstämme durchgeprüft, ohne andere als die gewöhnlichen drucksteigernden Wirkungen erhalten zu haben: so die gesammten hintern Sacral- und Lumbalwurzeln, die erreichbaren grösseren Zweige aller sensibeln Hirnnerven, das obere Ende des Bauchsympathicus und des Brustsympathicus. So verschieden auch dem Grade nach die Wirkungen ausfielen, dem Sinne nach waren sie immer dieselben.

Nur ein Vaguszweig gab uns sehr unbeständige Resultate: der nerv. laryngeus inferior. Wir haben sehr oft bei Reizung seines centralen Endes Verlangsamung der Athmung und gleichzeitige Pulsverlangsamung an dem nicht curarisirten Thiere (Kaninchen) erhalten, ohne dass irgend welche auf Gefässreflexe zu beziehende Druckveränderung sichtbar geworden wäre. Denn wenn hier und

---

ohne Chlornarcose in depressorische Wirkung um, offenbar weil in ihm die beim Kaninchen in isolirtem Stämmchen verlaufenden Depressorfasern enthalten sind, die unter Umständen bei der Reizung in den Vordergrund treten.

Digitized by Google

da, keineswegs immer, geringe Druckschwankungen beobachtet wurden, so scheinen diese lediglich von der Aenderung der Athmungsfolge herzurühren: sie fielen nach Curarisirung und Einleitung künstlicher Athmung fort. Jener Nervenzweig kann also auf das Centrum der Athmung und des Herzvagus wirken, ohne dass sich damit eine Wirkung auf das Gefässcentrum zu verbinden braucht.

Wenn uns so die electrische Reizung der Nervenstämme keine bemerkenswerthen Resultate geliefert, so hat uns die Reizung der Hautenden der sensiblen Nerven einige Erscheinungen kennen gelehrt, welche ausführlicherer Erwähnung nicht unwerth erscheinen. —

Schon im Sommer 1876 hatte der Eine von uns in Verbindung mit Hrn. stud. med. Kabierske eine Versuchsreihe begonnen, welche, damals durch das Ende des Semesters unterbrochen, so viel ergab, dass verschiedene Arten von Hautreizung einen sehr verschiedenen Einfluss auf die Steigerung des arteriellen Druckes ausüben. Ganz besonders war uns aufgefallen, dass ungemein leichte Reizung der Haut, z. B. durch sanftes Herüberfahren über eine Hautstelle mit dem Finger oder noch besser durch Anblasen mit dem Munde unter Umständen eine sehr lange anhaltende Drucksteigerung zur Folge habe, während energische schmerzhafte Reizung derselben Hautstelle ohne Einfluss auf den Kreislauf bleibt.

Diese gelegentlichen Wahrnehmungen verfolgten wir nun weiter, um die Bedingungen genauer kennen zu lernen, unter denen tactile Hautreizung so hochgradige Gefässreflexe auslöst. Es ergab sich, dass erstens eine Bedingung für das Auftreten derselben ein gewisses Stadium der Curaranarcose ist. Bei einem uncurarisirten Kaninchen führt Anblasen der Haut in der Regel ein schreckhaftes Zusammenzucken herbei, entweder von gar keiner oder im besten Falle doch nur von einer ganz schnell vorübergehenden und ganz geringen Drucksteigerung begleitet, die sich durch ihr Grössen- und Zeitmaass als allein von der begleitenden Bewegung des Thieres herrührend kennzeichnet. Injicirt man dann successive kleine Dosen Curara, und prüft nach einer jeden die tactilen Hautreflexe, so stellt sich heraus, dass zuerst kleinere und kürzere Wirkungen auf den Druck eintreten, die allmählich an Grösse und Dauer gewinnen, bis sie von einem gewissen Grade der Vergiftung ab eine ganz überraschende Höhe und namentlich Dauer erreichen. Bei noch tieferer Narcose schwinden sie wieder

Digitized by Google

allmählich. Ebenso schwinden sie mit der Zeit, wenn man bei derjenigen Dosis, welche das Maximum von Reflexwirkung auf den Druck herbeigeführt hat, stehen bleibt, offenbar weil allmählich die Curarawirkung nachlässt. Eine neue Giftdosis vermag sie dann von Neuem hervorzurufen.

Wir glaubten, als wir diese eigenthümliche Folge der Curarisirung zuerst beobachtet hatten, es vielleicht mit einer besonderen, etwa strychninhaltigen Varietät des Giftes zu thun gehabt zu haben. Allein wir haben uns vier Curara-Proben aus vier verschiedenen Bezugsquellen verschafft, ohne darunter eine Sorte zu finden, welche sich anders verhalten hätte.

In dem höchsten Stadio, welches die tactile Reflexerregbarkeit der Haut erreicht, ist sie so sehr gesteigert, dass man bei allen Blutdrucksversuchen vor Täuschungen auf der Hut sein muss. Wiederholt ist es uns vorgekommen, dass wir bei Reizungen von Nervenstämmen bald Drucksteigerung erhielten, bald nicht, bis sich herausstellte, dass die positiven Erfolge von einer zufälligen Berührung der Haare bei Annäherung der Electroden an den zu untersuchenden Nervenstamm herrührten. Es ist also unter allen Umständen gerathen, bei derartigen Versuchen die betreffenden Nerven mit Electroden, welche fest liegen bleiben, zu versehen, um unbeabsichtigte tactile Reize bei der Annäherung oder Entfernung der Electroden zu vermeiden. —

Da ein uncurarisirtes Kaninchen bei stärkerem Anblasen der Haut jedesmal schreckhaft zusammenzuckt, war der Gedanke nicht abzuweisen, dass bei dem curarisirten Thiere vielleicht ebenfalls auf jene plötzliche Reizung der sensibeln Nerven zunächst psychische Erregung folge, die erst in zweiter Reihe auf die Gefässnervencentra wirke. Allein wir haben in Versuchen, bei denen das grosse Gehirn durch einen Querschnitt, der die Vierhügel und die beiden pedunculi cerebri dicht vor dem vorderen Rande des pons Varoli vollständig trennte, von den tiefer liegenden Hirntheilen isolirt war, durch Curarisirung ganz denselben Zustand einer Steigerung der Erregbarkeit des gefässverengernden Nervenapparates für leise Hautreize constatiren können.

Je überraschender nun die gewaltigen Folgen sind, welche eine einfache Berührung oder ein einfacher, die Haut treffender Luftzug für den Kreislauf hat, desto unerwarteter war für uns die völlige Erfolglosigkeit einer auch noch so intensiven schmerzhaften

Digitized by Google

Reizung der Haut. Aetzung derselben mit Senfspiritus, der auf glattrasirte Flächen gegossen wurde, mit concentrirter Salpetersäure oder Schwefelsäure, Verbrennen durch das ferrum candens, durch auftropfenden brennenden Siegellack, durch Andrücken eines mit kochendem Wasser gefüllten Becherglases, durch auf der Haut abbrennenden Spiritus, — alle diese so äusserst schmerzhaften Eingriffe rufen in der ausserordentlichen Mehrzahl der Fälle nicht die mindeste Druckänderung hervor; ab und zu tritt eine zweifellose Druckherabsetzung ein. Diese Unwirksamkeit gilt nicht etwa bloss für den geschilderten Zustand der Reflexsteigerung für tactile Reize, sondern ganz allgemein für jeden Zustand der Thiere. Dass in solchen Fällen die Reizmittel nicht überhaupt erfolglos sind, zeigen mitunter anderweite Reflexe, welche durch dieselben ausgelöst werden. Nicht selten tritt Verlangsamung der Pulsfrequenz durch reflectorische Erregung der vagi ein; in andern Fällen, bei nicht curarisirten Thieren, Verlangsamung und selbst zeitweiliger Stillstand der Athmung. Aber auch ohne solche Criterien für eine wirklich stattgehabte Erregung der Hautnerven wird Niemand bezweifeln, dass wenn ich ein Glüheisen auf die Haut setze oder sie durch geschmolzenen Siegellack verschorfe oder durch kochendes Wasser bis zur Bildung von Brandblasen verbrühe, dass das Alles Eingriffe sind, geeignet, die lebhaftesten Schmerzempfindungen hervorzurufen.

Wenn aber alle diese Eingriffe ohne die mindeste Drucksteigerung geschehen können, so folgt daraus, scheint es, mit Sicherheit, dass diejenige Reizung, welche Reflexe auf die gefässverengernden Nerven und diejenige, welche Schmerzempfindung hervorruft, nicht ohne Weiteres zusammenfallen.

Diese Thatsache fordert zum Nachdenken und zu neuen Versuchen auf. Ist es die Art der Erregung, an welche sich die reflectorische Drucksteigerung knüpft? Oder ist es der Ort? Sind etwa doch, trotz alles gegentheiligen Anscheines, die Nervenfasern, welche Schmerzempfindung, und diejenigen, welche Drucksteigerung veranlassen, verschieden? Weshalb ist die electrische Erregung der Nervenstämme, selbst mit Strömen, die kaum auf der Zunge gefühlt werden, so lange der Nerv noch unermüdet ist, ein unfehlbares Mittel, die Aortenspannung zu erhöhen, die chemische und caustische Reizung der Hautenden dagegen ein unwirksames?[1])

1) Um Einwendungen zu begegnen, müssen wir hervorheben, dass wir

Digitized by Google

Wir müssen die Beantwortung dieser Fragen späterer Forschung anheimstellen; nur so viel scheint uns nach einer Reihe von Beobachtungen sicher, dass der drucksteigernde Erfolg der Erregung von Nervenstämmen nicht auf einer specifischen Eigenschaft der electrischen Reizung beruht. Denn erstens sind für die sensibeln Nervenstämme die verschiedenartigste Reizung z. B. mechanische, thermische, mit Sicherheit wirksam, zweitens möchten wir nach gewissen Wahrnehmungen glauben, dass electrische Reizung der Hautenden der Nerven ebensowenig Erfolg hat, wie die caustische oder chemische. Freilich ist ein absoluter Beweis hier nicht zu führen, aber doch ein Wahrscheinlichkeitsbeweis. Der Eine von uns (H.) hat in einer früheren Arbeit zwar durch Reizung der Gesichtshaut mittelst der Duchenne'schen Pinsel zwar oft genug den arteriellen Druck in die Höhe getrieben, aber er entsinnt sich auch mit Bestimmtheit, dass dies nur mit Sicherheit gelang, wenn die Pinsel auf das Auge und die Gegend des Verlaufes der grösseren Quintusäste gesetzt wurden. Vermeidet man solche Stellen, wo nahe unter der Haut grössere Nervenstämmchen verlaufen, so gelingt es ohne Schwierigkeit mittelst der Pinsel der (natürlich rasirten) Haut Ströme von solcher Stärke zuzuführen, dass die darunter liegenden Muskeln tetanisirt werden, ohne dass der Druck in die Höhe steigt. Danach scheint es, dass die noch so heftige electrische Reizung der Hautnerven selbst ebenfalls hämodynamisch unwirksam sich erweist. —

Wie dem aber auch sei, auch wenn die Electricität gegenüber den Hautenden der Nerven sich ebenso unwirksam erweist, wie kaustische oder thermische Einwirkung, so bleibt die Wirksamkeit leisester mechanischer Erregung im Zustande der Curara-Narcose ein Beweis dafür, dass die Haut Nerven-Enden besitzt, welche mit den Gefässnervencentris in reflectorischer Verknüpfung stehen. Ob dieses aber diejenigen Nerven-Enden sind, welche die Berührungsempfindung vermitteln, also die Sinnesnerven der Haut,

---

unter 61 durch Verbrennung und Aetzung herbeigeführten schmerzhaften Hautreizungen zehn Mal Drucksteigerung beobachtet haben, aber nur dann, wenn entweder die Thiere so schwach curarisirt waren, dass sie vor Schmerzen zuckten, oder wenn der Eingriff an Hautstellen geschah, an denen sehr oberflächlich Nervenstämmchen verliefen, die also unmittelbar afficirt wurden, z. B. an der Wurzel des Kaninchenohres.

Digitized by Google

oder diejenigen, welche den Gemeingefühlsempfindungen — Schmerz — zu Grunde liegen, darüber lässt sich ohne fernere Untersuchungen nicht entscheiden. Vorläufig sind unsere Beobachtungen ebenso merkwürdig und der Erklärung bedürftig, wie die Angabe von Meihuizen[1]), dass strychninisirte Frösche, welche die leiseste Berührung der Haut mit einem Krampfanfalle beantworten, bei chemischer Reizung derselben durch Schwefelsäure nicht die geringste Steigerung der Reflexerregbarkeit erkennen lassen.

An die Untersuchung über den Einfluss von Hautreizen auf den Kreislauf sind wir nicht ohne besondere Veranlassung herangetreten. L. Jacobson hat in einem Aufsatze „Ueber den Einfluss von Hautreizen auf die Körpertemperatur“[2]) Untersuchungen darüber angestellt, ob bei Application von Hautreizen sich eine ähnliche Herabsetzung der Innentemperatur beim Menschen nachweisen lasse, wie sie der Eine von uns durch Reizung sensibler Nerven beim Hunde hervorgerufen hat[3]). Eine längere Versuchsreihe mit Reizung der Haut durch Sinapismen oder durch Duchenne'sche Pinsel ergab negative Resultate, so dass Jacobson die auf den Hund bezüglichen Resultate für den Menschen nicht bestätigen zu können angiebt.

Die Ursache für seine negativen Ergebnisse ist jetzt aufgedeckt, denn es hat sich gezeigt, dass schmerzhafte Reizung der Haut den Kreislauf nicht in der Weise beeinflusst, wie Reizung der Stämme der sensibeln Nerven. Jacobson's Versuche an Menschen waren den Versuchen am Hunde zwar ähnlich, aber nicht mit ihnen identisch. Der Glauben an die Identität konnte wohl dadurch hervorgerufen werden, dass in den den oben citirten Abhandlungen beigefügten Versuchsprotocollen öfters die electrische Hautreizung als Ursache der Temperaturherabsetzung angeführt ist. Die Umstände, unter welchen sich diese wirksam erwies, sind schon oben angegeben worden, nämlich nur an solchen Stellen, wo unter der Haut oberflächlich genug Nervenstämme verlaufen, um durch die electrischen Ströme mit möglichster Intensität erreicht zu werden.

1) Ueber den Einfluss einiger Substanzen auf die Reflexerregbarkeit des Rückenmarkes. Dieses Archiv, Bd. VII.

2) Virchow's Archiv, Bd. 67. S. 1.

3) Dieses Archiv, Bd. IV und V.

Digitized by Google

Hätte Jacobson zunächst, bevor er am Menschen experimentirte, sich über die Bedingungen des Gelingens der Versuche an Hunden orientirt, so würde er ohne Zweifel auf die Ursachen der scheinbaren Verschiedenheit zwischen den beiden Beobachtungsobjecten gekommen sein, die in den obigen Zeilen dargelegt ist.

(Aus dem physiologischen Laboratorium zu Würzburg.)

Ueber die Wärmeentwickelung bei der Muskelzuckung.

Von

A. Fick.

(Nach Versuchen vom Verfasser und Dr. Karl Hartenseck, Assistent am physiologischen Institute.)

Es ist offenbar eine an sich schon interessante Frage der Muskelphysiologie, welcher Bruchtheil der von chemischen Kräften im Muskelgewebe geleisteten Arbeit zur Ueberwindung mechanischer Gegenkräfte bei der Zusammenziehung verwandt werden kann? Der Rest der chemischen Arbeit, so setzt man allgemein und wohl mit Recht als selbstverständlich voraus, wird zur Erzeugung von Wärme verwandt. Die Lösung dieser Frage könnte aber noch ein allgemein physiologisches Interesse haben, worauf wir gleich hier im Anfang der Darstellung unserer Untersuchung aufmerksam machen möchten. Schon vor längerer Zeit nämlich hat Helmholtz auf Grund von Betrachtungen, in welche allerdings manche hypothetische Faktoren eingingen, dargethan, dass von der gesammten im menschlichen Körper geleisteten Arbeit chemischer Kräfte möglicherweise der fünfte Theil zur Ueberwindung mechanischer Gegenkräfte durch Muskelthätigkeit verwandt werden könnte und durch $^4/_5$ jener chemischen Arbeit freie Wärme erzeugten. Hiernach wird man geneigt sein zu vermuthen, dass von der im Muskel selbst von chemischen Kräften geleisteten Arbeit ein viel grösserer

Digitized by Google

Bruchtheil als $^1/_5$ zur Ueberwindung mechanischer Gegenkräfte verwandt werden könne, indem man voraussetzt, dass von den im ganzen Körper mit positiver Arbeit chemischer Kräfte einhergehenden Prozessen (Oxydationen) ein grosser Theil in anderen Geweben verläuft, wo von einer mechanischen Wirkung der Arbeit gar keine Rede sein kann, wo also der Effect ein rein thermischer sein muss. Nehmen wir z. B. an, von dem ganzen Betrage der Oxydationen verlaufen drei Fünftheile in andern Geweben, zwei Fünftheile im Muskelgewebe — sei es, dass wir nach oxydirten Massen, sei es, dass wir nach Stadien der Oxydation zu scheiden hätten — dann müsste man nach den Helmholtz'schen Zahlen annehmen, dass von der im Muskel geleisteten chemischen Arbeit die Hälfte äussere mechanische Wirkungen haben könnte, denn diese Hälfte von $^2/_5$ wäre gerade $^1/_5$ der ganzen durch die Gesammtoxydation dargestellten chemischen Arbeit.

Sollte nun aber die thermodynamische Untersuchung des Muskels für sich vielleicht herausstellen, dass von der in ihm geleisteten chemischen Arbeit selbst schon nur ein kleiner Bruchtheil, der $^1/_5$ gar nicht viel übertrifft, mechanische Wirkung ausübt, dann wäre dadurch bewiesen — immer den Helmholtz'schen Coefficienten als richtig vorausgesetzt, — dass der ganze Betrag der Oxydationen fast ausschliesslich im Muskel verläuft, dass ausserhalb der Muskeln nur verschwindende Mengen von Brennstoff zur Oxydation kommen, resp. dass die Stadien der Oxydation des Muskelbrennstoffes, die etwa noch ausserhalb des Muskelgewebes verlaufen, ohne irgend erhebliche Arbeitsleistung der dabei wirksameu chemischen Kräfte geschehen. Wir werden auf die Erörterung dieser Alternative am Schlusse der Darstellung unserer Untersuchung zurückkommen, welche zu dem Zwecke unternommen wurde, womöglich eben die Eingangs gestellte Frage zu beantworten, welcher Bruchtheil der chemischen Arbeit im Muskel der mechanischen Leistung zu Gute kommt? Selbstverständlich kann eine solche Aufgabe bei dem heutigen Stande der Versuchswege nur am Froschmuskel in Angriff genommen werden, der daher unser ausschliessliches Versuchsmaterial abgegeben hat. Inwieweit die gewonnenen Ergebnisse auf das Muskelgewebe anderer Thierklassen übertragbar sind, das ist eine Frage für sich.

Um die gestellte Aufgabe zu lösen, müssen zwei Grössen in absolutem Maasse bestimmt werden, nämlich die gesammte mecha-

Digitized by Google

nische Wirkung, welche eine Muskelmasse bei einer Zusammenziehung oder bei einer Gruppe von solchen hervorgebracht hat in Arbeitsmaass gemessen und zweitens der gesammte Betrag von positiver Arbeit, welchen die chemischen Kräfte der Muskelatome während dieses Vorganges geleistet haben. Die Werthe dieser letzteren Grösse wird man numerisch am zweckmässigsten in thermischem Maasse zunächst angeben. Es sei gleich hier bemerkt, dass wir bei der Kleinheit der Beträge in beiden Grössengattungen, mit denen wir es hier zu thun haben, die Einheiten beider Millionen Mal kleiner genommen haben, als gewöhnlich zu geschehen pflegt. Die Arbeitseinheit ist also im Folgenden immer das Grammillimeter und die Wärmeeinheit ist diejenige Wärmemenge, welche die Temperatur eines Milligrammes Wasser von 0 auf 1° C. erhöht. Diese Wärmemenge könnte man passend Mikrocalorie nennen und soll dieselbe durch mc. angedeutet werden.

Der bei weitem schwierigere Theil der Aufgabe ist natürlich die Bestimmung des Betrages von Arbeit, welchen die chemischen Kräfte im Muskel bei dem Vorgange geleistet haben. Principiell hat es freilich keine Schwierigkeit. Wenn nämlich bei dem Versuche die mechanischen Wirkungen des Muskels sämmtlich wieder rückgängig gemacht sind durch Wiederherabfallen der gehobenen Last, dann kann offenbar die Gesammtwirkung der geleisteten chemischen Arbeit nur in Erzeugung von Wärme bestehen, und zwar muss die ganze erzeugte Wärmemenge im Muskel selbst zum Vorschein kommen, von den minimen Spuren abgesehen, die etwa durch Reibung und Erschütterung der Theile des Apparates in diesen selbst entwickelt werden. Richtet man also den Versuch so ein, dass schliesslich keine äussere mechanische Wirkung übrig bleibt und gelingt es, die im Muskel frei werdende Wärme zu messen, so hat man in ihr das Maass der von chemischen Kräften geleisteten Arbeit. In der That wird man kaum im Ernst daran denken können, dass die Oxydation im Muskel noch andere als thermische (resp. mechanische) Wirkungen hervorbringen, wie etwa wesentliche Zustandsänderungen der Muskelsubstanz selbst, denn die Massen, um deren Verbrennung es sich handelt, sind ganz winzige und erleiden offenbar auch ganz analoge Aenderungen ihres Zustandes wie bei den Verbrennungen, denen man sie ausserhalb des Muskels unterwerfen kann und bei denen man ihre Verbrennungswärme bestimmen würde. Im übrigen bleibt aber die

Digitized by Google

ganze Masse des Muskels nach dem Versuche dasselbe was sie vorher war, ja nicht einmal Ermüdung ist bei den meisten unserer Versuche zu bemerken. Wenn man aber an electrische Nebenwirkungen des Muskelchemismus denken wollte, so würde es ein Missverständniss sein, wollte man diese von den thermischen ausscheiden, da ja beim electrischen Strom allemal die gesammte Arbeit, welche seine Erhaltung kostet, schliesslich Wärme erzeugt.

Zur Bestimmung der gesammten im Muskel erzeugten Wärmemenge kann man wohl füglich nur einen Weg zu betreten versuchen. Man misst die Temperaturerhöhung, welche der Muskel erleidet und misst zweitens die Wärmekapacität seiner Masse. Das Produkt beider Grössen ist die Wärmemenge, welche er am Ende des Versuches mehr enthält, als zu Anfang. Diese Wärmemenge ist nun allerdings nur unter gewissen Voraussetzungen derjenigen gleich, welche während des Versuches im Muskel entwickelt ist. Man kann nämlich die Temperaturerhöhung nur an einer Stelle des Muskels messen, und andererseits wird von der gebildeten Wärme schon während der Dauer des Versuches etwas an die Umgebung abgeleitet werden, wenn zu Anfang Gleichgewicht der Temperaturen bestand. Die Zunahme des Wärmeinhaltes wird also nur dann das gesuchte Maass sein, wenn man erstens annimmt, dass die Temperatur überall im Muskel um gleichviel erhöht wird, und zweitens, dass der Wärmeverlust während des Versuches verschwindend klein ist. Die erstere Annahme dürfte wohl ganz unbedenklich sein, wenn die Muskelmasse überall gleichartig ist und überall in gleicher Weise gereizt wird. Die zweite Annahme wird um so eher zulässig sein, je kürzere Dauer der einzelne Versuch hat. In unseren Versuchen handelt es sich nur um eine Dauer von 7 bis höchstens 10 Sekunden. Jedesfalls wird sich die hier berührte und die noch weiter zu erörternden Fehlerquellen dahin vereinigen, die gemessene Wärmemenge kleiner erscheinen zu lassen als die im Muskel wirklich erzeugte Wärme ist, soweit diese Fehlerquellen aus der Messung der Temperaturerhöhung herfliessen. Was den andern Faktor betrifft, so haben wir für einstweilen die specifische Wärme der Muskelsubstanz der des Wassers gleich gesetzt. Zwar liegt eine uns im Augenblicke nicht gegenwärtige Angabe vor, wonach die specifische Wärme des Muskels noch grösser wäre als die des Wassers. Bei der grossen Schwierigkeit solcher Bestimmungen erscheint uns indessen diese Angabe sehr zweifel-

Digitized by Google

haft und vermuthen wir, dass die fragliche specifische Wärme wohl eher etwas kleiner sein dürfte. Sehr gross wird indessen der Unterschied keinesfalls sein, da ja der lebende Muskel zu mindestens $^3/_4$ aus wirklichem freiem Wasser besteht. Wir haben also die Wärmecapacität der dem Versuche unterworfenen Muskelmasse einfach ihrem Gewichte in Milligrammen gleich gesetzt.

Sofern die besprochenen Annahmen zugelassen werden, kommt nun Alles darauf hinaus, die bei dem Versuche stattfindende Temperaturerhöhung des Muskels zu messen. Es versteht sich wohl von selbst, dass eine solche Messung nur auf thermoelektrischem Wege angestrebt werden kann, wie dies bisher auch immer geschehen ist. Leider konnten wir aber nicht daran denken, zu diesem Zwecke den so überaus sinnreichen und empfindlichen Apparat Heidenhain's zu verwenden, dessen Vorzüglichkeit wir in verschiedenen früheren Untersuchungen schätzen gelernt haben. Die Brauchbarkeit dieses Apparates reicht nur so weit, als es sich darum handelt, bei rasch aufeinanderfolgenden Versuchen zu ermitteln, in welchem mehr, in welchem weniger Wärme frei wird. Eine absolute Bestimmung der Temperaturerhöhung des Muskels liesse sich damit selbst dann nicht ausführen, wenn der Apparat in der Weise graduirt wäre, dass man angeben könnte, welcher Temperaturdifferenz der beiden Säulenflächen eine jede Ablenkung der Boussole entspräche. In der That liegt ja die Vorderfläche der Thermosäule der äusseren Muskeloberfläche nur an, und bei der Temperaturerhöhung der letzteren wird sich ein Wärmestrom ins Innere der Säule ergiessen, der jeder Schicht der Säule im Bereiche der Löthung eine andere Temperatur ertheilt, der oberflächlichsten die höchste, der tiefsten die niedrigste. Die elektromotorischen Kräfte werden nun dem Unterschiede zwischen der mittleren Temperatur der vorderen Löthstellen und der Temperatur der hinteren entsprechen. Diese mittlere Temperatur einer vorderen Löthstelle ist aber sicher nicht die des Muskels und steht zu derselben in keinerlei auch nur vermuthungsweise angebbarem Verhältnisse.

Die Heidenhain'sche Thermosäule musste also jedesfalls durch eine andere ersetzt werden, aber auch die Wiedemann'sche Boussoule mit Astasirung durch einen festen Magnet war für unsere Zwecke nicht brauchbar. Bestimmungen, wie wir sie vorhatten, erfordern einen Apparat, dessen Empfindlichkeit über

Digitized by Google

Wochen und Monate hinaus für hinlänglich konstant gelten darf, weil sonst für jeden Versuchstag resp. für jede Versuchsstunde eine besondere Graduirung erforderlich sein würde, die für sich schon eine Stunden in Anspruch nehmende Arbeit ist. Eine konstante Empfindlichkeit kann aber eine Boussole mit festem Astasirungsmagnet gar nicht besitzen. Wenn nämlich auch die Intensitätsschwankungen des Erdmagnetismus nur kleine Bruchtheile seines gesammten Betrages ausmachen, so dürften sie doch sehr in Betracht kommen gegen die Differenz zwischen ihm und dem Magnetismus des astasirenden Stabmagneten, welche Differenz ja um einen hohen Grad von Astasie zu erzielen fast der Null gleich zu machen ist. Bei einer derartigen Astasirung wird demnach die übrig bleibende Richtkraft und mithin die Empfindlichkeit mit der Intensität des Erdmagnetismus sehr merklich schwanken. Anders ist es dagegen bei einem astatischen Nadelpaar. Hier wird die Richtkraft nur im gleichen Verhältniss variiren wie der Erdmagnetismus selbst.

Wir haben dieser Erwägung entsprechend einen Thermomultiplikator mit astatischem Nadelpaar verwendet ohne festen Magnet, dessen Ablenkungen in gewöhnlicher Weise durch Fernrohr und Spiegel beobachtet wurden. Anfangs versuchten wir die Schwingungen durch Reibung eines Metallplättchens in Flüssigkeit zu dämpfen, da aber dies durchaus nicht gelang, gaben wir jede Dämpfung auf und fanden, dass es wenigstens für unsere Versuche auch principiell zweckmässiger ist, ein wenig gedämpftes Magnetsystem zu verwenden und jedesmal einige Schwingungen desselben zu beobachten und zu notiren.

Die Constanz der Empfindlichkeit unserer Boussole erwies sich durch verschiedene Graduirungen, die Wochen und Monate auseinander lagen, als wahrhaft erstaunlich. Auch zeigte es sich, dass die Ablenkungen des Magnets, soweit die Scala reichte, der Stromstärke hinlänglich genau proportional waren, ganz unabhängig davon, welche Gleichgewichtslage der Magnet gerade einnahm. Auch zeigte sich stets genau dieselbe Ablenkung nach der einen wie nach der anderen Seite der Gleichgewichtslage, wenn derselbe Strom abwechselnd in entgegengesetzten Richtungen durch den Multiplikator geleitet wurde.

Es war nun zweitens nöthig, eine Thermosäule herzustellen und dem Muskel zu appliciren, so dass man wenigstens mit grosser

Digitized by Google

Wahrscheinlichkeit voraussetzen darf, dass die durch die Ablenkung des Multiplikators angezeigte Temperatur des einen Säulenendes auch wirklich die Temperatur des Muskels sei. Offenbar ist hierzu vor Allem unerlässlich, dass das betreffende Säulenende der Muskelmasse nicht äusserlich anliegt, sondern möglichst in die Mitte derselben versenkt ist. Man hat wohl früher schon zu diesem Zwecke ein nadelförmig zugespitztes Thermoelement in den Muskel eingestochen. Dies führt aber mehrere Uebelstände mit sich. Einerseits gibt ein einzelnes Thermoelement sehr wenig elektromotorische Kraft, so dass man, um ordentliche Ausschläge an der Boussole zu erhalten, einen für quantitative Bestimmungen unbrauchbaren Astasiegrad anwenden müsste. Andererseits wird das Einstechen einer Nadel leicht die nächst anliegenden Muskelfasern tödten, so dass dann die Löthstelle nur mittelbar die Wärme von den thätigen Muskeltheilen zugeleitet bekäme. Durch einige Kunstgriffe ist es uns, glauben wir, gelungen, diese Uebelstände vollständig zu beseitigen. Zunächst haben wir an die Stelle des zu Versuchen über Muskelphysiologie mit Vorliebe benutzten Gastrocnemius ein anderes Präparat gesetzt, das für unsere Versuche wie gemacht ist. Präparirt man nämlich von beiden Schenkeln des Frosches die Muskelmassen, welche auf der inneren Seite des Oberschenkels vom Becken zur Tibia überspringen und nimmt die sämmtlichen übrigen Muskeln sowie auch noch den Sartorius und Biceps nebst dem Schenkelknochen fort, befestigt sodann das Becken mit senkrechter Medianebene, so hängen die präparirten Muskelmassen in breiter Fläche einander innigst berührend senkrecht herab, als wären sie eine zusammenhängende Masse. Dies Präparat lässt sich sehr leicht mit Schonung der sämmtlichen zugehörigen Nerven ausführen und wenn man unten kleine Stückchen der Ober- und Unterschenkelknochen an den Muskelmassen sitzen lässt, kann man an dieselben einen Faden beiderseits festbinden, der schlingenförmig zwischen beiden herabhängt, in welche Schlinge dann ein Häkchen eingehakt werden kann, an welchem irgend eine passende Last abwärts zieht.

In den Spalt zwischen der rechten und linken Muskelmasse lässt sich ganz vortrefflich das eine Ende einer mehrgliedrigen Thermosäule einschieben. Dasselbe wird die beiden Massen auch nicht auseinanderdrängen, wenn nur die Elemente recht platt und dünn gebildet sind. Sie können ohne Schaden ziemlich breit

Digitized by Google

und lang sein, denn in der Flächenausbreitung des Spaltes ist von oben nach unten und von vorn nach hinten reichlich Platz.

Thermosäulen solcher Art verschafften wir uns eine grössere Anzahl. Sie waren aus Eisen und Neusilberdrähten gebildet. Die nach der einen Seite gerichteten Enden der Drähte waren durch Hämmern und Feilen auf die Dicke eines Papierblattes gebracht und nur an der alleräussersten Spitze mittelst einer äusserst dünnen Zinnschicht zusammengelöthet. Wir haben solcher Säulen mehrere von 6 Gliedern, eine von 10 und eine sogar von 12 Gliedern verwendet[1]). Von jeder konnte das Ende bis auf die Tiefe von etwa 4 bis 5 Millimeter zwischen die Muskeln versenkt werden, ohne dass dieselben irgend erheblich auseinander geklafft hätten. Die Löthstellen befanden sich dabei ganz im Innern der Gesammtmasse, ohne beim Eindringen auch nur eine einzige Faser im geringsten verletzt zu haben. Die freien Enden der Säule standen in Quecksilbergefässen auf dem Boden auf, was der Säule eine hinlängliche Beweglichkeit bei der Zuckung sicherte und von den Quecksilbergefässen ging dann die Leitung zum Multiplikator.

Bei dieser Anordnung und der geringen Masse der Säulenenden aus einem Material von kleiner Wärmecapacität darf man wohl erwarten, dass fast momentan die Löthstellen die Temperatur der umgebenden Muskelmasse annehmen. Dies wird besonders deswegen Statt haben, weil auch noch die an die Löthstellen angrenzenden Theile der Drähte in die Muskelmasse versenkt sind.

Mit dieser bloss apriorischen Betrachtung haben wir uns natürlich nicht begnügt, um so weniger, als sie aufhören würde, stichhaltig zu sein, wenn zwischen der Wärmeleitungsfähigkeit der Muskelsubstanz und der unserer Neusilber- und Eisendrähte ein allzugrosser Unterschied bestände. Wäre nämlich die letztere unendlich gegen erstere, so würden die Löthstellen nur aus den nächstangrenzenden Theilen der Muskeln Wärme beziehen und also eine viel zu kleine Temperaturerhöhung erleiden. Zur Begründung

1) Die im Texte beschriebenen Säulen hat der im feinen Löthen sehr gewandte Gehülfe am hiesigen physiologischen Institute, C. Zwecker, in vorzüglicher Weise hergestellt, der auch für andere, welche damit zu arbeiten wünschen, solche anfertigen würde.

Digitized by Google

unseres Prüfungsverfahrens kann folgende Betrachtung dienen. Wenn wirklich bei einer gewissen Feinheit der Thermosäule ihre Löthstellen die Temperatur des Muskels merklich genau annehmen, dann kann eine weitere Steigerung dieser Feinheit d. h. eine noch weitere Verkleinerung der Masse ihrer Enden keinen Erfolg mehr haben. Es müssen dann zwei Thermosäulen von merklich verschiedener Dicke unter gleichen Umständen angewandt dieselbe Temperaturerhöhung zeigen und umgekehrt, wenn dies der Fall, so liegt darin eine Gewähr für die Zuverlässigkeit der Aussagen der Thermosäule. Solche Vergleichungen haben wir in der That unter unsern drei sechsgliedrigen Thermosäulen angestellt. Zwei dieser Säulen waren an ihren zwischen die Muskeln geschobenen Enden sehr dünn, jedoch war zwischen ihnen immer noch ein sehr merklicher Unterschied, den wir freilich nicht in Zahlen angeben können. Es zeigte sich nun, dass die Ausschläge, welche 10 Zuckungen desselben Muskelpaares bei gleicher Belastung bei successiver Anwendung dieser beiden Säulen hervorbrachten, merklich gleich waren und auch die dritte Säule, deren Spitzen wenigstens 10 mal mehr Masse hatten, als die Spitzen der feinsten, gab von demselben Muskelpaar Ausschläge, die von den Ausschlägen der feinsten nur um etwa $^1/_5$ differirten. Es war also bei der bedeutend gröberen Säule offenbar schon nahezu die Grenze erreicht, bei welcher die Säulenspitzen momentan fast genau die Temperatur des Muskels annehmen, und wir glauben behaupten zu dürfen, dass bei den zwei feineren Säulen die fragliche Grenze wirklich erreicht war. Wir werden einen unserer Vergleichsversuche weiter unten numerisch mittheilen.

Der ganze thermoelektrische Apparat ist nun zu graduiren. Dazu ist einerseits die Bestimmung aller Widerstände in dem Thermokreise erforderlich und andererseits die Kenntniss der elektromotorischen Kraft der verschiedenen in Anwendung gezogenen Thermosäulen für eine gegebene Temperaturdifferenz ihrer beiden Seiten. Die Widerstände wurden in gewöhnlicher Weise mittels des Wheatstone'schen Stromnetzes gemessen. Als Maassstab diente ein Rheochord nach du Bois-Reymond's Construction aus der Werkstätte Sauerwald's. Im Vertrauen auf die Güte der Arbeit dieses Künstlers haben wir eine eingehende Prüfung des Werkzeuges unterlassen, um so mehr, als uns wesentliche Fehler doch nicht hätten entgehen können. Eine allerdings nur flüchtige Ver-

Digitized by Google

gleichung der Einheit von Sauerwald's Rheochord mit der Siemens'schen Einheit haben wir ausgeführt, das Ergebniss derselben hat indessen für unseren Zweck kein Interesse. Um die elektromotorischen Kräfte der Thermosäulen zu bestimmen, wurden von den Neusilber- und Eisendrähten, aus welchen sie gefertigt waren, an verschiedenen Stellen Probestücke genommen und zu grösseren eingliedrigen Ketten zusammengelöthet. Die Löthstellen eines solchen Probeelementes wurden nun in grosse Wassermassen eingesenkt, deren Temperatur mittels feiner Thermometer aus der Werkstätte von Geissler in Bonn gemessen wurde. Das Element war zum Kreise geschlossen durch unseren Multiplikator, doch war in die Leitung noch das Rheochord aufgenommen, so dass man den Gesammtwiderstand zwischen gewissen Grenzen willkührlich verändern konnte. Bei jedem Versuche derart wurden für sehr verschiedene Temperaturdifferenzen und sehr verschiedene Widerstände die Ablenkungen der Multiplikatornadel beobachtet. Man bekam so jedesmal eine grosse Anzahl einander gegenseitig kontrollirender Bestimmungen der elektromotorischen Kraft eines Neusilber-Eisenelementes für 1° Temperaturdifferenz. Als numerischen Werth dieser mit ε zu bezeichnenden elektromotorischen Kraft nehmen wir an die Ablenkung unserer Multiplikators in Scalentheilen (Millimeters), welche ein Neusilber-Eisenelement bei 1° Temperaturdifferenz seiner Löthstellen hervorbringt, wenn der Gesammtwiderstand in der Leitung 1000 mm Rheochordlänge beträgt. Für diese Grösse ergab sich bei den verschiedenen aus den verschiedensten Gegenden des benutzten Drahtes angefertigten Probeelementen und zu verschiedenen Zeitpunkten, die durch Monate von einander getrennt waren, immer sehr annähernd derselbe Werth, den wir in runder Zahl = 104 setzen können. Die bei einer Versuchsreihe aus den mit verschiedenen Temperaturdifferenzen und verschiedenen Widerständen gemachten Einzelbestimmungen berechneten Werthe zeigten nur regellose Abweichungen vom Mittelwerthe und keine gesetzmässige Abhängigkeit vom Widerstande oder der Temperaturdiffererz resp. der Stromstärke. Hierin liegt die Garantie, dass bei unserem Apparat die Ablenkung des Magnets der Stromstärke genau proportional ist.

Ist nun einmal die oben definirte Grösse E numerisch bestimmt, so kann man aus der bei einem Versuche beobachteten

Digitized by Google

Ablenkung die Temperaturerhöhung des Muskels sofort berechnen. Der Gang des Versuches, soweit er die Bestimmung der Temperaturerhöhung angeht, ist nämlich dieser. Nach Aufhängung des Präparates besteht selbstverständlich immer eine sehr erhebliche Temperaturdifferenz zwischen dem in die Muskelmasse versenkten Säulenende und dem freien, welches in ein anderes Muskelstück oder in einem Bausch nassen Fliesspapieres eingehüllt ist. Diese Differenz ist regelmässig so gross, dass sie die Scala weit aus dem Gesichtsfeld treibt. Jetzt wird gewartet, bis diese Temperaturdifferenz soweit ausgeglichen ist, dass der weitere Ausgleich so langsam vor sich geht, dass der Magnet im Laufe einer Minute weniger als 10 mm durchläuft. Vollständige Ausgleichung der Temperaturen würde wohl nie eintreten, da trotz aller Vorsichtsmassregeln immer Ursachen vorhanden sind, welche elektromotorische Kräfte im Kreise setzen. Während der Versuch stattfindet, sind also solche stets noch vorhanden, die aber für die wenigen Sekunden der Versuchsdauer für unveränderlich gelten dürfen. Wird zum Maasse dieser elektromotorischen Kräfte ebenfalls die Ablenkung genommen, welche sie in einer Leitung von 1000 mm Widerstand an unserer Boussole hervorbringen wird, so hat man zwischen der beim Beginn des Versuches beobachteten merklich konstanten Ablenkung A, der sie hervorbringenden elektromotorischen Kraft E und dem bekannten Gesammtwiderstand W im ganzen Thermokreise die Gleichung

$$\frac{1000 \cdot E}{W} = A \ldots : (1)$$

Nun geschieht die Reizung des Muskels mit der festgesetzten Zahl von Schlägen. Die dadurch bedingte Temperaturerhöhung des einen Endes der Thermosäule setzt eine neue elektromotorische Kraft in den Kreis, welche in gleichem oder in entgegengesetztem Sinne wie E wirken kann. Der Magnet setzt sich demgemäss in Bewegung im ersten Falle von der Gleichgewichtslage hinweg, im anderen Falle nach ihr hin. Offenbar muss er vermöge seiner Trägheit über die neue Gleichgewichtslage hinausgehen, welche ihm die veränderte Summe elektromotorischer Kräfte anweisen würde, wenn sie dauernd wirksam bliebe. Die Zeit, welche vom Beginne der Reizung verstreicht, bis zu dem Augenblicke, wo der Magnet seine äusserste Lage erreicht, dauert nur einige Sekunden länger als die Reizzeit selbst, welche in der Regel 5" oder weniger be-

Digitized by Google

trug. Die äusserste Lage des Magnets wird notirt und ebenso die äussersten Lagen des Magnets bei den folgenden Schwingungen, welche der Magnet ausführt. Wir machen nun die Voraussetzung, dass während der ersten Schwingung die wie jede folgende etwa 5" in Anspruch nimmt, die Temperatur des Säulenendes merklich konstant ist. Dann wird die Mitte zwischen den äussersten Lagen der ersten Schwingung der Punkt sein, dessen Abstand von der Gleichgewichtslage bei offenem Kreise massgebend ist für die ganze Summe von elektromotorischen Kräften, die während der Schwingung im Thermokreise wirksam sind. Dieser Punkt ist nämlich die neue Gleichgewichtslage, um welche die Schwingung ausgeführt wurde. Eigentlich müsste der Punkt noch einer kleinen Correction unterworfen werden, der Dämpfung der Schwingungen entsprechend. Doch kommt diese Correktion den anderen unvermeidlichen Fehlern gegenüber so wenig in Betracht, dass wir sie uns als eine überflüssige Subtilität erspart haben. Der Abstand des Mittelpunktes der ersten Schwingung von der Gleichgewichtslage bei offenem Kreise sei nun $A \pm a$, so dass a seinen Abstand von der Gleichgewichtslage bei geschlossenem Kreise vor Beginn der Reizung bezeichnet.

Die Gesammtsumme der electromotorischen Kräfte zur Zeit der ersten Schwingung ist, sofern ausser der Temperaturerhöhung des Säulenendes keine fremde Kraft zur vorhandenen Kraft E hinzutritt $E \pm n . \varepsilon . x$ wenn n die Anzahl der Säulenelemente und x die Temperaturerhöhung in Graden bedeutet. Man kann also die Gleichung bilden

$$\frac{1000\,(E \pm n\,\varepsilon . x)}{W} = A \pm a \ldots . \quad (2)$$

Zieht man hiervon die Gleichung (1) ab, so erhält man die Gleichung

$$\frac{1000 . n . E . x}{W} = a \quad \text{oder}$$

$$x = \frac{W . a}{1000 . n . E} \ldots . \quad (3)$$

Hat man also den Coefficienten $\frac{W}{1000 . n . E}$, der lediglich von den Constanten des Apparates abhängt, einmal berechnet, so braucht man nur mit ihm zu multipliciren den Abstand des Mittelpunktes der ersten Schwingung von der konstanten Gleichgewichtslage bei

Digitized by Google

geschlossenem Kreise, um die Temperaturerhöhung in Bruchtheilen des Centigrades zu erhalten.

Was die Voraussetzung betrifft, dass während der Dauer der ersten Schwingung noch keine merkliche Wärmemenge verloren geht, so findet sie darin ihre wesentliche Stütze, dass die Mittelpunkte der zweiten und dritten Schwingung nicht viel näher an der Gleichgewichtslage bei geschlossenem Kreise liegen als der der ersten. Einigemale ist es uns sogar vorgekommen, dass die Mittelpunkte der zweiten und dritten Schwingung noch weiter von der Ruhelage abwichen, was auf eine erst nachträgliche Erwärmung des Säulenendes deutet. Dies sind indessen jedesfalls fehlerhafte Versuche, die immer auffallend kleinen Werth der Temperaturerhöhung ergaben. Es mag hier wiederholt darauf hingewiesen werden, dass jedesfalls alle Fehler, die bei der Bestimmung der Temperaturerhöhung x gemacht werden, dahin wirken müssen, den Werth derselben zu klein erscheinen zu lassen.

Bezüglich der Reizung des Präparates haben wir zunächst eine methodische Bemerkung zu machen, die jedem, der sich mit Untersuchungen über Muskelwärme beschäftigt hat, vielleicht verwunderlich oder gar verdächtig sein wird, von deren Richtigkeit man sich aber leicht überzeugen kann. Schon vor mehreren Jahren war dem Verfasser bei Gelegenheit von Versuchen über Muskelwärme, die nicht veröffentlicht worden sind, aufgefallen, dass ein Muskel durch einen elektrischen Strom, welcher ihn durchfliesst, und der hinlänglich stark ist, um ihn zur kräftigsten Zusammenziehung zu bringen, absolut nicht merklich erwärmt wird. Selbst mit dem Heidenhain'schen Apparat der viel empfindlicher ist, als der bei den gegenwärtigen Versuchen angewandte, war kaum eine merkliche Spur von Erwärmung an einem todten Muskel nachzuweisen, wenn derselbe vom Strome von 24 Daniell'schen Elementen mehrere Sekunden lang durchflossen wurde. Inductionsschläge von kolossaler Stärke brachten vollends gar keine sichtbare Spur von Erwärmung hervor. Man kann also entschieden behaupten, dass die Wärme, welche durch das Fliessen eines heftig reizenden elektrischen Stromes im Muskel ohne allen Zweifel erzeugt wird, jedesfalls unendlich klein ist gegen die Wärme, welche die dadurch im Muskel ausgelösten chemischen Processe bei der Zusammenziehung entwickeln. Diese Thatsache beweist, dass

Digitized by Google

die Arbeit der den Erregungsprocess auslösenden Kräfte unendlich klein ist gegen die Arbeit der ausgelösten Kräfte. Das hat an sich schon ein gewisses Interesse, sofern man dadurch zu der Vermuthung berechtigt ist, dass auch bei der natürlichen Auslösung des Erregungsprocesses durch den Vorgang der Nervenerregung die Arbeit, welche die Nervenkräfte leisten, nur unendlich geringfügig zu sein braucht. Für die myothermische Versuchstechnik hat es aber das grosse Interesse, dass wir nun nicht mehr darauf beschränkt sind, in allen myothermischen Versuchen nur vom Nerven aus zu reizen, sondern ganz dreist den Muskel direkt elektrisch reizen dürfen. Hieran hindert uns auch nicht etwa der Umstand, dass sich vom reizenden Strome selbst Zweige in die Multiplikatorleitung ergiessen könnten. Wenn dies auch wirklich in erheblichem Maasse der Fall sein sollte, so würden diese Stromschleifen auf den Magnet doch nur wie ein momentaner Stoss wirken, der die Amplitude der ersten nach Ablauf der Reizung erfolgenden Schwingung vergrössern oder verkleinern könnte, der aber keinerlei Einfluss hat auf die Mittellage, um welche herum die erste Schwingung erfolgt; nur diese Mittellage aber ist für die durchschnittliche Temperatur während der Dauer dieser Schwingung massgebend.

Für die Versuche mit unserem Präparate hat die Zulässigkeit der direkten Muskelreizung einen grossen Werth. Zwar sind die beiden plexus ischiadici von der Wirbelsäule bis zum Eintritt zwischen die Muskelmassen genügend lang, um sie über zwei Drahtelektroden zu legen, und haben wir dies auch bei allen unseren Versuchen ausgeführt, aber es macht sich doch oft schon bald das Absterben des Nerven im Laufe des Versuches bemerkbar, da man gezwungen ist die Elektroden dem centralen Nervenende sehr nahe zu bringen. Ausserdem ist es bei unserem Präparate unvermeidlich ganz in der Nähe der zahlreichen Nervenverzweigungen zu handtiren, welche in die zu untersuchenden Muskeln eintreten, und es ist oft der Verdacht nicht auszuschliessen, dass einzelne dieser Zweige zerrissen sind und dann nicht alle Muskelfasern des Präparates gleichmässig gereizt werden. So haben wir denn in unseren späteren Versuchen vorzugsweise direkte Muskelreizung angewandt, indem wir von zwei mit der Inductionsrolle verknüpften dünnen Kupferdrahtschlingen die eine um das Becken, die andere um die am Knie befestigten Sehnen legten.

Die Reizung wurde in allen Versuchen durch Induktions-

Digitized by Google

schläge bewerkstelligt, und zwar machte eine ziemlich verwickelte Verknüpfung des Induktionsapparates, mit der Unterbrechungsuhr, den nöthigen Wippen und Schlüsseln u. s. w., deren Beschreibung wir dem Leser ersparen wollen, folgendes möglich: so lange der Beobachter am Fernrohr einen ihm zur Hand befindlichen Schlüssel offen hielt, ging alle halbe Sekunde ein Oeffnungs-Induktionsschlag entweder durch den Nerven oder durch den Muskel des Präparates, je nachdem eine in den Kreis der sekundären Rolle eingeschaltete Wippe ohne Kreuz die eine oder die andere Lage hatte. Durch eine andere Wippe mit Kreuz konnte dem Strome im Muskel nach Belieben die aufsteigende oder absteigende Richtung gegeben werden.

Endlich ist noch kurz anzugeben, wie die mechanischen Wirkungen des Muskels gemessen werden. Unter dem Tischchen, über welchem in der feuchten Kammer das Präparat mit der Thermosäule und den Elektroden eingeschlossen war, befand sich ein leichter gleicharmiger Holzhebel. An einem Arme desselben griff der Muskel an mittels eines Zwischenstückes, welches einen in das Tischchen geschnittenen Spalt frei durchsetzte. Auf die Achse des Hebels war noch ein kleines Metallröllchen gesteckt, dessen Halbmesser $^1/_5$ von der Entfernung des Muskelangriffspunktes von der Axe betrug. An dem Röllchen war ein Faden befestigt und in dem Sinne um dasselbe geschlungen, dass ein an sein freies Ende angehängtes Gewicht den Muskel spannte und bei der Zusammenziehung gehoben werden musste. Der von Last und Muskelzug freie Hebelarm war durch ein Schilfstreifchen verlängert, dessen Spitze von der Axe 4 mal soweit als der Angriffspunkt des Muskels, also 20 mal soweit als der Angriffspunkt der Last entfernt war. Diese Spitze lehnte an die berusste Oberfläche einer sehr langsam sich drehenden Trommel und zeichnete also Striche an derselben, welche den Hub der Last in 20facher Vergrösserung darstellten. Der zwanzigste Theil der Länge dieser Striche mit ihrer Anzahl und der Last multiciplirt ergab also die bei einem Versuche geleistete Arbeit und zwar in Grammillimetern ausgedrückt, wenn die Last in Grammen, die Länge der Striche in Millimetern gemessen war. Als Last durfte indessen nicht das am Röllchen hängende Gewicht allein gerechnet werden. Vielmehr mussten dazu jedesmal 15 gr. addirt werden, da das Zwischenstück zwischen Muskel und Hebel 3 gr. wog und bei jeder Zuckung 5

Digitized by Google

mal höher gehoben wurde als das Gewicht am Röllchen. An die beiden Enden des gleicharmigen Hebels wurden bei manchen Versuchen noch zwei gleich schwere Massen — wir wollen sie Schwungmassen nennen — angesteckt, die sich also gegenseitig aequilibriren, aber die Bewegung des ganzen Systems durch ihre Trägheit verzögern. Durch dieses Mittel wird die Arbeit einer Zuckung namentlich wenn dies unter mässiger Belastung geschieht sehr bedeutend vergrössert. Wie dies zusammenhängt ist leicht zu sehen und braucht hier um so weniger auseinandergesetzt zu werden, da der Verfasser in einer früheren Veröffentlichung [1]) die Sache ausführlich erörtert hat.

Wir wollen nun zunächst die rohen Beobachtungsdata von 4 Versuchen mittheilen, welche den Anfang einer am 11. X. 1877 angestellten Versuchsreihe bilden. Die Zahl der Zuckungen war jedesmal 5, die am Röllchen hängende Last betrug 100 Gr., Schwungmassen waren nicht angesteckt. Im ersten und dritten Versuche wurde der Nerv, im zweiten und vierten wurde der Muskel direkt gereizt, was durch Buchstaben in der zweiten Spalte der Tabelle angedeutet ist. Die angewandte Thermosäule ist sechsgliedrig und mit D bezeichnet.

Rollen-Abstand in cm	Art der Reizung.	Ruhelage d. Magn. in Scalentheilen.	Grenzen der Schwingung. i. Scalentheil.
8	N.	425	476 439 — 466 443 — 459
8	M.	447	493 460 — 482 462 — 476
6	N.	458	501 470 — 492 473 — 485
6	M.	469	516 481 — 505 483 — 449

Diese Data sind nach den vorstehenden Erörterungen folgendermaassen zu behandeln. Im ersten Versuch der Gruppe bewegte sich die erste Schwingung zwischen den Zahlen 476 und 439, da-

1) A. Fick, Untersuchungen über Muskelarbeit. Basel 1867. S. 57 und 58.

Digitized by Google

zwischen ist die Mitte 457, ihr Abstand von der zu 425 angegebenen Ruhelage 32 Scalentheile, die zweite Schwingung geschah zwischen den Theilstrichen 439 und 466, Mitte 452, Abstand von Ruhelage 27. Dritte Schwingung 466 bis 443, Mitte 459, Abstand 29, endlich vierte Schwingung 443 — 459, Mitte 451, Abstand 26 Scalentheile. Dieser Gang der Ablenkung, welche erst im Laufe von 15 Sekunden von 32 auf 26 herabsinkt, zeigt, dass wir wohl berechtigt sind, in der Mittellage der ersten Schwingung nahezu das Maass für die höchste Temperatur sehen zu können, welche das Säulenende überhaupt angenommen hat, um so mehr, als dem Stadium der sinkenden Temperatur doch ohne Zweifel ein Stadium der steigenden vorangehen muss, welches in die Zeit bis zum Erreichen der ersten Exkursionslage fallen muss.

Nimmt man ebenso von den drei andern Versuchen der Gruppe die Mitte der ersten Schwingung, so ergiebt sich der Reihe nach als Werth der maassgebenden Ablenkung 29, 27 und 29. Der Mittelwerth aus den beiden Ablenkungen für die Nervenreizung, das heisst also aus 32 und 27, ist 29,5, der Mittelwerth aus den beiden Versuchen mit Nervenreizung ist 29. Man sieht hieraus, wie genau die Erwärmung bei Nerven und bei Muskelreizung übereinstimmen, woraus allein schon hervorgeht, dass die Durchströmung des Muskels für sich keine merkliche Erwärmung desselben hervorbringt, man also direkte Muskelreizung bei myothermischen Untersuchungen unbedenklich verwenden kann.

Die in allen vier Versuchen fast übereinstimmend gefundene Ablenkung von 29 Scalentheilen ist jetzt in die Gleichung (3) S. 11 als Werth von a einzusetzen. Es ist aber der Widerstand in der Thermosäule D=47, der Widerstand im Multiplicator nebst Zuleitungsdrähten von der Thermosäule =150[1]), mithin das W unserer Gleichung =150+47=197; die Zahl der Elemente n ist = 6 und die elektromotorische Kraft E ist = 104, also ist die Grösse $\frac{W}{1000 \times n.\varepsilon}$ womit a zu multipliciren ist, um die Temperatur-

1) In den vier ersten der auf S. 78 u. 79 mitgetheilten Tabellen sind die Temperaturerhöhungen mit einem etwas kleineren Werthe berechnet, da die Berechnung schon vor den letzten und genauesten Widerstandsmessungen ausgeführt war. Da indessen die Einführung des verbesserten Widerstandswerthes an den Zahlen nur so kleine Aenderungen bedingt, dass dieselben für die zu ziehenden Folgerungen gar nicht in Betracht kommen, so haben wir die vorher berechneten Werthe einfach beibehalten.

Digitized by Google

erhöhung x zu erhalten $= \frac{197}{1000 \times 6 \times 104} = 0{,}000315$ [1])(log 0,499 — 4)

Diese Zahl mit 29 multiplicirt giebt 0,0091, welche Zahl die Erwärmung des Muskels in Bruchtheilen des Centigrades angiebt. Da nun die Muskelmasse 5382 mgr. wog, so ergiebt sich eine während der Leistung entwickelte Wärmemenge von 49 mc.

Die durchschnittliche Höhe der vergrösserten Zuckungen war nun bei den 4 in Rede stehenden Versuchen 35 mm (von welchem Mittel die einzelnen Werthe sehr wenig abwichen). Da nun in jedem Einzelversuch 5 Zuckungen erfolgten und die angehängte Last 100 gr. betrug, so berechnet sich die mechanische Leistung im Versuch zu $\frac{35}{20} \times 115 \times 5 - 1006$ gr. Diese Leistung giebt auf thermisches Maass reducirt $\frac{1006}{425} = 2{,}37$. Die numerischen Ergebnisse der Rechnung wollen wir hier noch nicht besprechen, sondern zunächst einige Versuche folgen lassen, die für Beurtheilung der Methode von Bedeutung sind.

Zur Stütze der Annahme, dass bei den feineren unserer Thermosäulen schon die Grenze merklich erreicht sei, an welcher die Abgabe von Muskelwärme an die Löthstellen gegen den Wärmevorrath in den nächstliegenden Muskeltheilen verschwindet, geben wir die Zahlen eines Vergleichsversuches vom 11. X. 1877 zwischen den 3 Thermosäulen, welche mit A, D und E bezeichnet waren. Die Löthstellen von A haben mindestens 10 mal so viel Masse als die von D sowohl als von E; zwischen beiden letzteren ist aber immer noch ein augenscheinlicher Unterschied der Feinheit zu Gunsten von E. Die Last am Röllchen betrug in allen angeführten Versuchen 100 gr., der Muskel wog 4296 mgr. Wir geben hier die Zeit des Versuches mit an, jedoch nicht die rohen Beobachtungszahlen, sondern bloss die berechnete Wärmemenge und Arbeitsleistung. Jeder Versuch besteht aus 5 Zuckungen.

Zeit des Versuches	Wärmemenge i.mc.	Arbeit in grmm.	Bezeichn. der Säule
4h 33	28,1	773	E
38	27,4	773	E
5h 12	28,3	877	D
20	27,7	892	D
49	22,9	833	A

1) Der entsprechende Coefficient für die später noch öfter gebrauchte Säule E ist 0,000329.

Digitized by Google

Zeit des Versuches	Wärmemenge i. mc.	Arbeit in grmm.	Bezeichn. der Säule
6h 2	22,3	833	A
26	26,3	803	D
37	29,0	803	D
7h 11	23,2	803	E
18	33,0	803	E

Nimmt man aus den mit derselben Thermosäule angestellten Versuchen das Mittel, so ergiebt sich die Wärme, gemessen mit der Thermosäule E = 28,2, gemessen mit der Thermosäule D = 27,8 und gemessen mit der Thermosäule A = 22,6. Das Resultat dürfte geeignet sein, die oben ausgesprochene Annahme zu rechtfertigen.

Die Mittheilung der zwei folgenden Versuchsreihen hat den Zweck, zu zeigen, dass die Verhältnisse der unter verschiedenen Bedingungen entwickelten Wärmemengen selbst von den weniger feinen unserer Thermosäulen genau richtig angezeigt werden. Beide Reihen sind nämlich ausgeführt mit einer B bezeichneten 10gliedrigen Thermosäule, deren Löthstellen vielleicht 10 mal mehr Masse haben als die der schon erwähnten Säulen D und E. Da wir hier nicht so viel Werth legen können auf den absoluten Werth der Wärmemengen, so geben wir bloss die Werthe der Ablenkungen. Variirt wurde in beiden Reihen die Zahl der Zuckungen, welcher offenbar die entwickelte Wärme genau proportional erscheinen muss, wofern die Messung die Verhältnisse richtig wieder giebt.

Versuch vom 16. V. 1877. Belastung 100 gr. Gewicht des Muskels 4426 mgr.

Zahl der Zuckungen	Ablenk. a. i. Scalenth.
5	22,5
10	40
15	60
20	74
15	54
10	35,5
5	17,5

Wenn wir, um den hier sehr bemerkbaren Ermüdungseinfluss zu eliminiren, das Mittel nehmen aus den je zwei Versuchen mit 5, 10 und 15 Zuckungen so ergiebt sich abgerundet

Zahl der Zuckungen	Ablenkung in Scalentheilen	berechn. a. d. Ablenk. f. 20 Zuckungen
5	20	18.5
10	38	37.
15	57	55.5
20	74	74

Eine bessere Uebereinstimmung mit dem theoretisch geforderten Verhältniss ist man bei so verwickelten Versuchen an lebenden Geweben schwerlich zu erwarten berechtigt.

Digitized by Google

Versuch vom 18. V. 1877. 100 gr. Last. Gewicht des Muskels 3951 mgr.

Zahl der Zuckungen	Ablenkung in Scalentheilen
3	6.5
6	13.5
9	22.
12	28
9	18
6	11
3	4.5

Berechnet man wieder das Mittel aus den je zwei Ablenkungen für 3, 6 und 9 Zuckungen und vergleicht sie mit denen, welche zu erwarten waren nach Maassgabe der Ablenkung für 12 Zuckungen, so ergiebt sich

Zahl der Zuckungen	Ablenkung	
	beob. i. Mittel	berechnet
3	5,5	7
6	12,2	14
9	20	21
12	28	28

Die Abweichungen vom theoretisch Geforderten würden noch kleiner erscheinen, wenn man sich die Mühe nehmen wollte, sie nach den Principien der Wahrscheinlichkeitsrechnung auf die 4 Werthe gleichmässig zu vertheilen.

Wir führen jetzt einige Versuchsreihen vollständig vor, von welchen wir glauben, dass sie eine Vorstellung von den absoluten Werthen der Wärmemenge und ihres Verhältnisses zur geleisteten mechanischen Arbeit geben können. Wir haben für diesen Zweck nur solche ausgewählt, welche mit den feinsten Thermosäulen (E und D) angestellt sind. In allen aufgeführten Versuchen ist mit Ausnahme des ersten Versuches der ersten Reihe der Muskel direkt gereizt.

	Belastung des Muskels.	Temperaturerhöhung in $^1/_{1000}$ °.	Wärmemenge in mc.	Arbeit in gr. mm.	Thermisches Aequivalent der Arbeit.	Verhältniss der Wärme zur Arbeit.
4. VII. 1877. Je 10 Zuckungen.	200	10,2	50,2	3225	7,60	6,6
Gewicht des Muskels 4906mgr.	200	10,2	50,2	3332	7,80	6,4
Zimmertemperatur 20,5 ° E.	200	9,7	47,9	3225	7,60	6,6
29. IX. 1877. Je 5 Zuckungen.	100	8,5	31,9	744	1,75	18,0
Gewicht des Muskels 3760mgr.	100	8,6	32,5	758	1,78	18,0
Zimmertemperatur 13°. E.	300	9,8	34,3	1876	4,4	7,8
	300M[1]).	10,6	39,8	3345	7,8	5,1
	100	8,6	32,5	848	2,0	16,2
	100	8,3	31,3	848	2,0	15,6

[1]) Wo bei der Belastungsziffer ein M steht, war der Hebel mit den äquilibrirten Schwungmassen versehen.

Digitized by Google

	Belastung des Muskels.	Temperaturerhöhung in $^1/_{1000}$ °.	Wärmemenge in mc.	Arbeit in gr. mm.	Thermisches Aequivalent der Arbeit.	Verhältniss der Wärme zur Arbeit.
6. X. 1877. Je 10 Zuckungen.	100	13,9	43,3	1249	2,9	15,0
Gewicht des Muskels 3114mgr.	500 M.	19,5	60,8	6670	15,7	3,8
Zimmertemperatur 13°. E.	100	16,0	49,5	1428	3,4	14,8
	100	16,4	51,1	1428	3,4	15,0
	300 M.	23,9	74,4	5224	12,3	6,0
	100	16,6	51,7	1487	3,5	14,8
	100	17,5	54,5	1487	3,5	15,5
	300 M.	22,4	69,7	5386	12,6	5,5
	100	17	52,9	1547	3,7	13,0
10. X. 1877. Je 5 Zuckungen.	100	7,4	31,1	713	1,6	18,8
Gewicht des Muskels 4180mgr.	100	7,9	33,3	758	1,8	17,9
Zimmertemperatur 12°. E.	300	9,0	37,6	1958	4,4	8,4
	300 M.	12,5	52,2	4406	10,4	5,0
	500 M.	12,8	53,5	6467	15,2	3,5
	200 M.	13,8	57,7	4235	10,0	5,7
	200 M.	13,2	55,2	4180	9,7	5,7
	100	10,6	43,4	891	2,0	21,0
11. X. 1877. Je 5 Zuckungen.	600 M.	14,7	79,1	7089	16,6	4,7
Gewicht des Muskels 5382mgr.	600 M.	13,6	73,2	6851	16,1	4,6
Zimmertemperatur 11,5°. D.	100	9,4	51,9	1150	2,7	18,8
(Fortsetzung der Versuchsreihe S. 74.)	100	10,2	66,2	1190	2,8	23,6
	800	14,4	77,5	6544	15,4	5,0
	800 M.	15,5	83,4	7600	18,0	4,6
	800	15,6	83,9	7388	17,4	4,8
24. X. 1877. Je 3 Zuckungen.	0	5,1	18,3			
Gewicht des Muskels 3603mgr.	100	6,3	22,9	465	1,09	20,9
(Der Muskel hatte 4 Stunden ruhig	200	6,8	24,6	802	1,88	13,1
in der feuchten Kammer gehangen.)	400	8,3	29,9	1420	3,34	8,9
Zimmertemperatur 13°. E.	600	8,4	30,2	1914	4,50	6,7
	800	8,9	32,3	2402	5,64	5,7
	1000	8,9	32,0	2905	6,83	4,6
	800	9,1	32,8	2402	5,64	5,7
	600	8,1	29,1	1914	4,50	6,5
	400	7,6	27,4	1420	3,34	8,2
	200	6,7	24,4	819	1,92	12,7
	100	6,2	22,5	465	1,09	20,7
	0	4,6	16,8			
	100	6,4	23,2	473	1,11	20,9
	200	6,8	24,6	836	1,97	12,5
	400	7,0	25,3	1420	3,34	7,8
	600	7,3	26,2	1866	4,39	6,0
	800	8,2	29,5	2332	5,48	5,4
	1000	8,1	29,3	2681	6,30	4,6

Ein Blick auf die zweite oder dritte Spalte der vorstehenden Tabellen lässt darin vor Allem eine durchgehende Bestätigung eines von Heidenhain gefundenen Satzes erkennen, nämlich, dass die Gesammtsumme der bei einer Muskelzuckung geleisteten chemischen Arbeit nicht allein von der Stärke des auslösenden Reizes

Digitized by Google

abhängt, sondern auch von der Spannung, unter welcher die Zuckung verläuft, dass sie insbesondere mit dieser Spannung bis zu einer gewissen Grenze wächst. Wir glauben die Auffindung dieses Satzes zu den glänzendsten physiologischen Entdeckungen der Neuzeit zählen zu müssen. In der That wirft kaum eine andere ein helleres Licht auf die geheimnissvolle innere Mechanik der Muskelsubstanz. Diese Substanz zeigt sich im Lichte des gedachten Satzes als eine erstaunlich zweckmässige Maschine, welche schon vermöge ihrer Einrichtung — nicht etwa durch Vermittelung des Nervensystemes — um so energischer arbeitet, je mehr Widerstand sich ihrer Arbeit entgegenstellt. Bis zum Bekanntwerden des Heidenhain'schen Satzes war gewiss jeder Physiologe geneigt, es für selbstverständlich zu halten, dass für jeden eine Maximalzuckung auslösenden Reiz gewissermassen eine genau abgemessene Patrone bereit läge, die bei der Zuckung abgeschossen wird und deren Verbrennung immer der gleichen chemischen Arbeit entspricht. Der fragliche Satz lehrt uns nun, dass ein maximaler Reiz von dem ganzen Vorrath an Brennmaterial eine um so grössere Menge zur Verbrennung bringt, je grösser die zu leistende mechanische Arbeit ist.

Zur Bestätigung dieses wichtigen Satzes kann namentlich die letzte von den angeführten Versuchsreihen dienen, in welcher dreimal auf und ab die Belastung zwischen Null und 1000 gr. in Sprüngen von je 200 resp. 100 gr. variirte. Die Anfangsspannung des Muskels ist übrigens nicht die in der Spalte „Belastung" aufgeführte Zahl selbst, sondern nach den obigen Angaben über die Einrichtung des Apparates der fünfte Theil der Belastung um 3 gr. vermehrt, so dass, wo die Belastung als Null bezeichnet ist, immer noch 3 gr. den Muskel spannten, nämlich das Gewicht des Verbindungsstückes. Zwar hat auch schon Heidenhain gefunden, dass die Wärmeentwickelung mit der Anfangsspannung zuerst schneller, später langsamer wächst, wir möchten aber doch noch ausdrücklich darauf aufmerksam machen, dass das Wachsthum im Bereiche der kleinsten Werthe der Anfangsspannung ganz kolossal ist, wie sich aus einer Betrachtung der Wärmewerthe bei Null 100 und 200 ergiebt.

Wir können nun dem Heidenhain'schen Satze nach unseren Versuchen noch einen Zusatz geben. Die Wärmeentwickelung steigt nämlich nicht nur mit wachsender Anfangsspannung, son-

Digitized by Google

dern sie ist auch bei gleicher Anfangsspannung grösser, wenn im Verlaufe der Zusammenziehung grössere Spannungswerthe zu Stande kommen. Dieser Zusatz ergiebt sich, wenn wir Fälle vergleichen, wo dieselbe Belastung an der Rolle hängt, wo aber im einen die Schwungmassen am Hebel angebracht sind, im andern nicht. In Fällen der letzteren Art darf nämlich angenommen werden, dass während des ganzen Verlaufes der Zusammenziehung und Wiederdehnung die Spannung konstant bleibt, da die Masse des Gewichts kaum in Bewegung gesetzt wird und mithin beim Steigen den Vorgang der Zusammenziehung kaum merklich verzögert und andererseits auch nicht in Schwung kommt, wobei es den Muskel entlasten könnte. Anders ist es, wenn die Schwungmassen am Hebel sind. Sie verzögern durch ihre Trägheit sehr merklich die Zusammenziehung des Muskels und dieser ist also in einem Stadium des Aktes, wo schon seine natürliche Länge bedeutend verkleinert zu denken ist, faktisch noch nahezu so lang, wie er in Ruhe war, so dass er in solchen Stadien bedeutend höhere Spannungswerthe entwickelt, als dem angehängten Gewichte entspricht. Dadurch werden die Massen des ganzen Systemes bedeutend beschleunigt und es wird dann wohl die Widerausdehnung des Muskels bei vollständiger Entlastung desselben verlaufen.

In den S. 79 mitgetheilten Versuchsreihen ist allerdings nur ein Fall, welcher als schlagender Beweis für den ausgesprochenen Zusatz zu Heidenhains Gesetz aufgeführt werden kann, nämlich der dritte und vierte Versuch der zweiten Reihe, wo beidemale 300 gr. Belastung angehängt waren und wo der Versuch ohne Schwungmassen 9,8, der Versuch mit Schwungmassen 10,6 Temperaturerhöhung ergeben hatte. In den beiden letzten Versuchen der fünften Reihe liegt ferner der Beweis dafür, dass bei sehr hohen Belastungen die Wirkung der Schwungmassen auf die Wärmeentwicklung verschwindet, indem bei 800 gr. Belastung die Wärmeentwickelung mit und ohne Schwungmassen merklich gleich ist, da man wohl den Unterschied von 15,5 und 15,6 unbeachtet lassen kann. In diesen beiden Versuchen war übrigens, wie man aus der Tabelle ersieht, auch die mechanische Arbeit nicht sehr verschieden. Um übrigens für unsern Zusatz doch ein reichlicheres Beweismaterial beizubringen, wählen wir noch einige Versuchspaare aus älteren Versuchsreihen aus, die mit Thermosäulen angestellt waren, welche aus den oben besprochenen Gründen zur absoluten

Digitized by Google

Bestimmung der Wärmeentwicklung nicht brauchbar waren, aber solche Verhältnisse doch ganz sicher sehen lassen. Wir geben desshalb auch nur die rohen Data der betreffenden Versuche, nämlich Belastungsweise, beobachtete Ablenkung und die mechanische Arbeit, wo sie gemessen wurde.

	Zahl der Zuckungen.	Belastung.	Ausschlag.	Mechan. Arbeit.
30. IX. 1877. Unbezeichnete dreigliedrige Thermosäule. Gewicht des Muskels 5466 mgr.	10	100	8.5	
	10	100 M.	10,5	
	10	100	8,5	
14. V. 1877. Thermosäule A.	10	100	19	
	10	100 M.	24,5	
	10	100	18	
16. V. 1877. Thermosäule B. Gewicht des Muskels 4426 mgr.	10	200	21	2116
	10	200	20	2005
	10	200 M.	28,5	4233
	10	200 M.	29	4410
	10	200	18,5	2173
	10	200	17	2005
18. V. 1877. Thermosäule B. Gewicht des Muskels 3951 mgr.	10	200 M.	32	
	10	200 M.	31,5	
	10	200	24,5	
	10	200	23	

Wir kommen nun zur eingehenderen Besprechung der Frage, zu deren Lösung die ganze Untersuchung unternommen wurde, nämlich der Frage nach dem Verhältniss der gesammten durch die entwickelte Wärme dargestellten Arbeit chemischer Kräfte zu der hervorgebrachten mechanischen Wirkung bei der Muskelthätigkeit. Das für die Erörterung zu verwendende Versuchsmaterial ist in der obigen Tabelle gegeben, und zwar ist hier vorzugsweise die letzte Spalte ins Auge zu fassen, in welcher dies Verhältniss für jeden einzelnen Versuch numerisch ausgerechnet zu finden ist. Vergleicht man die Zahlen dieser Spalte bei den mit demselben Muskel angestellten Versuchen untereinander, so springt ohne Weiteres der Satz in die Augen: Es wird ein um so grösserer Bruchtheil der gesammten chemischen Arbeit auf die mechanische Wirkung verwendet, je grösser die Kraft ist, welche sich der Zusammenziehung des Muskels widersetzt, sei nun diese Gegenkraft bloss die Schwere eines spannenden Gewichtes oder auch noch die Trägheit zu bewegender Massen. Ehe wir auf die Zahlenwerthe des Verhältnisses selbst näher eingehen, möchten wir noch eine

Digitized by Google

Bemerkung über einige der obigen Versuchsreihen machen. In der dritten, vierten und fünften Reihe scheinen die Temperaturerhöhungen ziemlich unregelmässig zu erfolgen. Bei genauerer Betrachtung aber sieht man, dass dies nur in einem während der Reihe erfolgenden Zunehmen der Energie des Muskels seinen Grund hat. Wenn man nämlich die stellenweise eingestreuten Versuche mit 100 gr. Last vergleicht, so zeigt sich bei jedem folgenden eine grössere Temperaturerhöhung als beim vorhergehenden, und dass es sich dabei nicht um zufällige Fehler der Temperaturmessung handelt, ergiebt sich aus der Vergleichung der mit „Arbeit" überschriebenen Spalte, in welcher die Zahlen für 100 gr. Last eine ganz entsprechende Zunahme im Verlaufe der Reihe aufweisen. Wir sind daher überzeugt, dass die einzelnen Zahlen dieser Versuchsreihen volles Zutrauen verdienen.

Für den uns gegenwärtig beschäftigenden Satz, dass der Muskel von der in ihm geleisteten Arbeit chemischer Kräfte einen um so grösseren Bruchtheil zu äusserer mechanischer Wirkung verwenden kann, je grösser die mechanische Gegenkraft ist, lässt sich schon Einiges a priori geltend machen. In der That ist es durchaus begreiflich, dass die im Muskel durch den Reiz wach gerufene Molekularkräfte, wenn sie weniger mechanische Gegenwirkung zu überwinden finden, mehr auf die Muskelmolekule selbst bewegend wirken, d. h. aber mit anderen Worten verhältnissmässig mehr Wärme erzeugen müssen. Ganz unzweifelhaft ist sogar von vornherein, dass bei ganz fehlender äusserer mechanischer Gegenwirkung die gesammte chemische Arbeit zur Wärmeerzeugung verwandt werden müsse. Hier ist der Quotient der Wärme durch die mechanische Arbeit unendlich gross, da der Divisor = 0 ist. Es kann darum auch nicht Wunder nehmen, dass dieser Quotient von seinem unendlichen Werthe an im Bereiche der kleineren Spannungswerthe sehr rasch sinkt. Man könnte aber wohl vermuthen, dass dies Sinken des Quotienten sehr bald eine Grenze erreichen würde und dass bei weiterem Wachsen der Belastung das Verhältniss nahezu constant bliebe. Dies ist aber nicht der Fall, sondern, wie man aus der letzten mitgetheilten Versuchsreihe S. 79 sieht, nimmt das Verhältniss noch sehr merklich ab im Bereiche von hohen Spannungswerthen, die sich schon der Grenze derjenigen nähern, bei denen der Muskel nicht mehr ohne Gefahr für seine innere Struktur arbeiten kann. Wir können den soeben er-

Digitized by Google

örterten Satz auch wohl kurz dahin ausdrücken, dass der Muskel gegen grössere Widerstände bis zu einer gewissen Grenze „sparsamer" arbeitet, als gegen kleinere. Es ist gut zu bemerken, dass der vorher besprochene Satz Heidenhains, dass der Muskel gegen grössere Widerstände überhaupt mehr chemische Energie verwendet, keiner Begründung durch allgemeine Betrachtungen fähig sein durfte, dass er vielmehr eine ganz specifische und fundamentale Eigenschaft der Muskelfaser ausdrückt.

Besondere Aufmerksamkeit müssen wir jetzt den numerischen Werthen des in Rede stehenden Verhältnisses, sowie der im Ganzen erzeugten Wärmemenge zuwenden, von welchen Werthen unsere Versuche, soviel wir sehen, zum ersten Male eine Vorstellung geben. Es hat vor Allem einiges Interesse, zu sehen, wie viel Brennmaterial nöthig ist zur Erzeugung der nach unseren Versuchen bei einer Zuckung auftretenden Wärmemenge. Den höchsten Werth der auf 1 gr. Muskelsubstanz in einer Zuckung entwickelten Wärmemenge ergiebt der letzte Versuch der fünften Reihe auf S. 79. Er berechnet sich zu 3,1 mcal., wenn man nämlich die an der angezogenen Stelle verzeichnete Wärmemenge von 83,9 mcal. durch die Zahl der Zuckungen 5 und die Zahl der Gramme, welche der Muskel wog, d. h. durch 5,38 dividirt. Nehmen wir nun an, das Brennmaterial im Muskel wäre ein kohlehydratartiger Körper, so hätten wir die Zahl 3,1 zu dividiren durch 3800 um zu wissen, wie viel Milligramm Material verbrennen müssen, um die ganze chemische Arbeit zu leisten, da nach den einzigen vorliegenden Bestimmungen in runder Zahl 3800 mcal. durch die Verbrennung von 1 mgr. Kohlehydrat erzeugt werden. Man findet so, dass für eine Zuckung unter schwerer Belastung in einem Gramme Muskelsubstanz nur 0,0008, also weniger als $^1/_{1000}$ Milligramm Kohlehydrat ausreicht. Stellt man sich vor, dass Fett mit der höheren Verbrennungwärme von rund 9000 als Brennmaterial des Muskels diente, so würde schon 0,0003 mgr. des Brennmateriales genügen. Zu einer Zuckung unter geringer Belastung würde nur wenig mehr als die Hälfte dieser Menge Brennmaterial ausreichen. Man sieht also, dass die kleinen Mengen von Kohlehydrat oder Fett, die in einem Gramm Muskelsubstanz jederzeit anwesend sind, vollkommen ausreichen, um es erklärlich erscheinen zu lassen, dass ein ausgeschnittener Muskel noch viele hundert Zuckungen ausführen kann.

Digitized by Google

So klein die eben berechneten Zahlen auch sind, so können sie keineswegs überraschend genannt werden, denn die Wärmemenge, welcher die in der Zuckung geleistete mechanische Arbeit entspricht, ist ja noch viel kleiner. Für uns selbst war gerade umgekehrt an den Ergebnissen unserer Versuche nichts so unerwartet und überraschend, als die Höhe des Wärmebetrages, welchen die Zuckung liefert. In der That hatten wir erwartet, im Muskel eine Maschine zu finden, in welcher ein ganz enorm grosser Bruchtheil, wohl mindestens $^1/_3$ wo nicht gar die Hälfte der von den Molekularkräften geleisteten Arbeit zu mechanischer Wirkung kommt. Dies ist nun nach unseren Versuchen ganz und gar nicht der Fall. In unseren sämmtlichen Versuchen nähert sich dieser Bruchtheil nur in 2 Fällen mit grosser Belastung und Schwungmassen dem Werthe $^1/_3$ ohne ihn jemals zu erreichen. (Siehe den zweiten Versuch der dritten und den fünften Versuch der vierten Reihe S. 79.) In weitaus der Mehrzahl der Fälle kommt selbst bei den grössten Belastungen noch nicht $^1/_4$, sondern höchstens etwas über $^1/_5$ der gesammten chemischen Arbeit zur mechanischen Wirkung. Bei mässigen Belastungen ist der mechanisch verwerthete Bruchtheil noch viel kleiner und sinkt bei kleinen Belastungen, wie die Tabelle ausweist, unter $^1/_{20}$ herunter. Bei mässigen Belastungen arbeitet also der Muskel, wie man sich ausdrücken kann, nicht sparsamer als eine Dampfmaschine.

Dies Resultat ist um so sicherer, als jeder Zweifel an der Richtigkeit unserer Zahlen doch wohl nur dahin gehen kann, dass die Wärmemengen von uns zu klein gefunden sind, während wohl kaum ein Bedenken gegen die annähernd richtige Bestimmung der mechanischen Arbeit erhoben werden dürfte, deren Ausführung gar keine Schwierigkeit hat.

Wenn sich das in der letzten Spalte unserer Tabelle verzeichnete Verhältniss zwischen Gesammtwärme und mechanischer Leistung bei gleicher Belastung für verschiedene Muskeln sehr verschieden herausgestellt hätte, so wäre dies keineswegs ein Grund gewesen, gegen die Zuverlässigkeit der Methoden Verdacht zu schöpfen, da ja der individuelle Zustand des Muskels auf dies Verhältniss Einfluss haben wird. Um so mehr spricht es für diese Zuverlässigkeit, dass sehr grosse Unterschiede doch nicht vorkommen, namentlich halten sich die Schwankungen in den übrigen Reihen ausser der ersten in ziemlich engen Grenzen, was wohl

Digitized by Google

dem Umstande entsprechen dürfte, dass diese Reihen sämmtlich in der günstigen Herbstzeit mit ziemlich kurz vorher eingefangenen Fröschen angestellt sind.

Weiter weicht die Verhältnisszahl 6,6 (resp. 6,4) in der ersten Reihe von der entsprechenden bei 200 gr. Belastung ohne Schwungmassen in der sechsten Reihe verzeichneten ab, welche 12,5 (resp. 12,7 und 13,1) beträgt. Dies dürfte aber daraus zu erklären sein, dass die erste Versuchsreihe abweichend von den andern im Hochsommer mit einem schon längere Zeit in der Gefangenschaft gehaltenen Frosche angestellt war. Nun wissen wir schon aus den Erfahrungen von Heidenhain, dass bei der Ermüdung die Wärmeentwicklung rascher abnimmt, als die mechanische Leistung. Man darf also erwarten, dass der ermüdete Muskel sparsamer arbeitet als der unermüdete bei gleicher Belastung, offenbar weil auf den ermüdeten Muskel eine kleinere Last so wirkt, wie auf den unermüdeten eine grössere. Die Muskeln des lange gefangen gehaltenen Sommerfrosches können sich nun recht wohl wie ermüdete verhalten haben, wodurch die kleine Verhältnisszahl für 200 gr. Last erklärbar ist. Wenn sich im sechsten und siebenten Versuche der vierten Reihe (S. 79) bei 200 gr. Last die noch kleinere Verhältnisszahl 5,7 findet, so liegt darin kein Widerspruch, da diese Versuche, wie in der ersten Spalte bemerkt ist, mit Schwungmassen am Hebel angestellt waren, was die Arbeit kolossal vergrössert. Man braucht auch nur den dritten Versuch derselben vierten Reihe zu vergleichen und findet da für 300 gr. Last (ohne Schwungmassen) die Verhältnisszahl 8,4 angegeben, welche die der ersten Reihe schon bedeutend übertrifft. Wäre mit dem Muskel der vierten Reihe ein Versuch bei 200 gr. Last ohne Schwungmassen angestellt worden, so hätte sich sicher eine Verhältnisszahl im Betrage von mindestens 10 gefunden.

Kommen wir nun mit den gewonnenen quantitativen Ergebnissen auf die im Eingange berührte allgemein-physiologische Frage zurück. Vor Allem wäre zu diesem Zwecke zu erörtern, in wieweit die am Froschmuskel gewonnenen Zahlen auf die Säugethiermuskeln und insbesondere auf die menschlichen übertragen werden dürfen. Wir wissen allerdings keine entscheidenden Gründe für die Verallgemeinerung des Resultates beizubringen aber noch weniger wird irgend jemand solche dagegen vorbringen können. Am allerwenigsten wird man es wahrscheinlich finden

Digitized by Google

können, dass der Muskel eines Thieres wie der Frosch ist, das doch recht eigentlich zu gewaltigen mechanischen Leistungen bei spärlicher Nahrung organisirt ist, verschwenderischer arbeiten sollte als die Muskeln anderer Thiere, die sich mit weit geringer Arbeit reichliche, ihrer Einrichtung angemessene Nahrung verschaffen können. Man wird also wohl bis auf Weiteres einmal annehmen dürfen, dass auch im menschlichen Muskel allerhöchstens etwa $^1/_4$ der ganzen chemischen Arbeit mechanisch wirksam werden könne, bei geringerer Spannung aber viel weniger mechanisch zur Wirkung kommt. Wenn nun wirklich von einem angestrengt arbeitenden Menschen $^1/_5$ der ganzen in seinem Körper geleisteten Arbeit chemischer Kräfte zu mechanischer Wirkung nach aussen gebracht werden kann, so ist zunächst klar, dass wenigstens in solchen Fällen fast alle überhaupt im Körper geleistete chemische Arbeit im Muskelgewebe zum Zwecke der Zusammenziehung statt finden muss. Nimmt man dies aber als erwiesen an für die Zeiten, wo der Körper angestrengt arbeitet, so wird man der Consequenz nicht mehr aus dem Wege gehen können, dass es sich während des ganzen Lebens ebenso verhält. In der That wird man kaum daran denken können, dass der ganze Stoffstrom durch den Organismus zu Zeiten der Ruhe ganz andere Bahnen einschlüge als zu Zeiten der Anstrengung und dass zu Zeiten der Ruhe diejenigen chemischen Processe irgendwo anders, etwa in der Säftemasse verlaufen sollten, welche während der Muskelanstrengung in den Muskelfasern statt haben.

Wir wären also unter den gemachten Annahmen zu der Folgerung gedrängt: Der Verbrennungsprocess der eingeführten Nahrungsstoffe verläuft soweit dabei die Verwandtschaft des Sauerstoffes zu den brennbaren Stoffen positive Arbeit leistet, fast ausschliesslich in der Muskelsubstanz und nur gewisse Stadien — vielleicht die Vorbereitungs- und Endstadien — bei denen die positive Arbeit der Verwandtschaftskräfte überhaupt gering ist, oder wesentlich zur Ueberwindung entgegenwirkender Verwandtschaftskräfte verwandt wird, verlaufen in anderen Geweben oder in der Säftemasse. Zu den derartigen Stadien der Nährstoffverbrennung dürften namentlich die Abspaltungen stickstoffhaltiger Molecüle aus dem Eiweiss und dergleichen gehören.

Schliesslich glauben wir noch darauf hinweisen zu sollen, dass mit Hülfe der beschriebenen Methoden wohl noch sehr zahl-

Digitized by Google

reiche Fragen der so sehr interessanten Lehre von der Muskelwärme in Angriff genommen werden können. So z. B. ist es jetzt möglich den curaresirten Muskel auf sein thermisches Verhalten zu untersuchen, da wir ihn direct electrisch reizen dürfen. Ferner glauben wir nicht allzusanguinisch zu sein, wenn wir die Hoffnung aussprechen, es werde auf diesem Wege vielleicht sogar möglich sein den ausgeschnittenen Froschmuskel zum Medium einer Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalentes zu machen. Wenn auch eine solche Bestimmung in Genauigkeit niemals mit den Bestimmungen auf rein physikalischem Wege wird wetteifern können, so hätte sie doch ohne Zweifel ein grosses theoretisches Interesse.

Auf die Lösung einer von den vielen sich aufdrängenden Fragen haben wir selbst schon im Laufe unserer Untersuchung viel Mühe verwendet. Da wir indessen bis jetzt nur sehr unvollkommene Hilfsmittel zu der für diesen Zweck erforderlichen besonderen Reizungsart zur Verfügung hatten, sind wir nicht zu ganz entscheidenden Ergebnissen gekommen, die wir desshalb auch nicht numerisch mittheilen wollen. Doch sei es uns gestattet dieselben mit einigen Worten zu berühren. Die Frage ist einfach die, ob bei einer tetanischen Zusammenziehung der Muskel möglicherweise noch sparsamer arbeiten kann als bei einer Einzelzuckung d. h. ob bei einer tetanischen Zusammenziehung ein grösserer Bruchtheil der chemischen Arbeit mechanisch wirksam werden kann als bei einer Einzelzuckung. Man könnte die Frage auch so stellen, ob durch die Summirung von Zuckungen die mechanische Arbeit mehr als die entwickelte Wärme gesteigert werden könne. Vom teleologischen Standpunkte aus hat es etwas Ansprechendes anzunehmen, dass die tetanische Zusammenziehung ökonomischer wirke als die Einzelzuckung, da ja die natürliche Zusammenziehung der Skelettmuskeln meistens den tetanischen Charakter hat. Andererseits kann freilich geltend gemacht werden, dass der Muskelapparat, der während des ganzen Lebens wohl verhältnissmässig bei weitem am meisten leistet, nämlich das Herz in Einzelzuckungen arbeitet.

Unsere Versuche halten wir wie gesagt selbst noch nicht für entscheidend, doch sprechen sie jedesfalls nicht zu Gunsten einer sparsameren Arbeit durch tetanische Zusammenziehung und so viel dürfte mit grosser Wahrscheinlichkeit schon aus ihnen gefolgert werden, dass die Verhältnisszahl zwischen Wärme und mechani-

Digitized by Google

scher Arbeit für grosse Belastung bei tetanischer Zusammenziehung nicht sehr verschieden ist von der bei Einzelzuckung gültigen. Es wird kaum nöthig sein noch besonders zu bemerken, dass bei Versuchen zu dem gedachten Zwecke vor Allem dafür Sorge zu tragen ist, dass die tetanische Reizung nicht länger dauert als zur vollen Entwickelung der Zusammenziehung eben erforderlich ist, denn sonst würde ja Wärme frei ganz ohne dass weitere Arbeit geleistet wird.

Die Hauptergebnisse der vorliegenden Untersuchung fassen wir in folgende Sätze zusammen.

1. Durch Einschieben feiner Thermosäulen zwischen geeignete Muskelmassen ist es möglich den absoluten Werth der bei der Zuckung entwickelten Wärmemenge sehr annähernd zu bestimmen.

2. Die Bestimmung der Muskelwärme wird nicht gestört durch electrische Ströme, welche zum Zwecke der Reizung durch den Muskel gesandt werden. Es ist daher directe electrische Reizung des Muskels bei myothermischen Untersuchungen zulässig und der indirecten sogar bei weitem vorzuziehen.

3. Dem fundamentalen Satze Heidenhains, dass der Muskel maximal zuckend um so mehr Wärme entwickelt je grösser seine Anfangsspannung ist, kann der Zusatz gegeben werden, dass bei gleicher Anfangsspannung der Muskel mehr Wärme entwickelt, wenn durch Anbringen aequilibrirter Massen nur im Verlaufe der Zuckung höhere Spannungswerthe zu Stande gebracht werden.

4. Der Muskel arbeitet gegen grössere Widerstände nicht bloss energischer sondern auch sparsamer als gegen kleinere.

5. Die bei einer energischen Zuckung gegen möglichst grossen Widerstand geleistete chemische Arbeit ist etwa das 4fache von der dabei zu leistenden mechanischen Arbeit. Bei geringerem Widerstande ist die chemische Arbeit ein grösseres vielfaches der mechanischen und selbstverständlich bei der Belastung Null das unendlichfache.

6. Die bei einer energischen Zuckung eines Grammes unermüdeter Froschmuskelsubstanz gegen grossen Widerstand geleistete chemische Arbeit vermag etwa eine Wärmemenge zu erzeugen wie sie erfordert wird um 3 mgr. Wasser von 0° auf 1° zu erwärmen.

7. Unter Zuziehung einiger sehr wahrscheinlicher Hülfsannahmen kann man folgern, dass die Verbrennung der aufgenom-

Digitized by Google

menen Nahrungsstoffe, soweit dabei die Verwandtschaft des eingeathmeten Sauerstoffes positive chemische Arbeit leistet, fast ausschliesslich im Muskelgewebe verläuft.

Würzburg 4. XI. 1877.

(Aus dem physiologischen Laboratorium zu Tokio (Japan).)

Beobachtungen über die Funktionen des Rückenmarks der Schlangen.

Von

K. Osawa und **E. Tiegel.**

Zu den Versuchen, welche wir hier mittheilen wollen, standen uns nur sehr einfache Hülfsmittel zur Verfügung; trotzdem aber glauben wir, dass sie Genügendes bieten, um veröffentlicht zu werden. Sie wurden alle an Schlangen angestellt, die folgenden Arten angehören: Elaphis virgata, japanisch: Aodaisho, = grauer General, die grösste japanische Landschlange; Elaphis quadrivirgata, jap. Simahebi, = Streifenschlange; Tropidonotus tigrinus, jap. Yamakagashi, = Bergscheuche; Tropidonotus Vibakari, jap. Vibakari[1]); Coluber conspicillatus, jap. Kawara-kutsinaha, = Uferschlange. Es sind dies die häufigsten Sorten der in der Umgegend von Tokio vorkommenden Schlangen. Wir verwendeten, da sie in grosser Anzahl nicht leicht zu beschaffen sind, Thiere von 2 Fuss Länge bis zu 6 und 7 Fuss. Diese letztere Grösse errreichen nur die Elaphisarten, die anderen Sorten werden nur halb so lang. Alter, respective Länge zeigten in den hier mitgetheilten Versuchen keinen merklichen Einfluss.

Am 8. März 1877 wurde einer 7 Fuss langen Elaphis in der Mitte das Rückenmark durchschnitten. Um das Thier zu fixiren,

---

1) Diesen nicht leicht wörtlich zu übersetzenden Namen soll die Schlange darum haben, weil der von ihr gebissene „nur noch einen Tag" zu leben habe. Sie ist jedoch, wie alle hier aufgezählten Schlangen, unschädlich.

Digitized by Google

wurde es in die eine Hälfte eines der Länge nach durchsägten Bambusrohres gelegt, dessen Internodien entfernt waren. Die andere Hälfte, welche an der Stelle, wo die Operation gemacht werden sollte, einen geeigneten Ausschnitt hatte, wurde auf die Schlange gedeckt und beide Theile zusammengebunden. Das Rückenmark der Schlangen ist ausserordentlich dünn, und füllt den Rückenmarkskanal enger aus als dasjenige der Säugethiere. Auch bei der verhältnissmässig grossen Schlange waren die Wirbel so klein, dass wir bei der Beschränktheit unseres Instrumentariums uns entschlossen, mit einem scharfen Scalpell die ganze Wirbelsäule zu durchschneiden. Nach der Operation war das Thier sehr aufgeregt und suchte nach allen Seiten um sich zu beissen. Das Vorderthier konnte sich jedoch trotz aller Anstrengungen nicht von der Stelle bewegen, weil es vom Hinterthier festgehalten wurde. Unmittelbar nach der Operation wurden am Hinterthier keine Bewegungen beobachtet; wir versuchten auch nicht durch Reize welche auszulösen, sondern brachten die Schlange, um ihr Ruhe zu lassen, in ihren Kasten.

Am folgenden Tage war das Vorderthier noch sehr aufgeregt; am Hinterthier zeigte der Schwanz[1]) lebhafte Reflexbewegungen. Wenn man ihn mit einem Stocke strich oder leicht anschlug, so rollte er sich seitwärts nach der durch Streichen oder Klopfen gereizten Stelle hin. Schlugen wir eine andere Stelle des Hinterthieres mit dem Stocke an, so bog sie sich seitswärts aus und zwar nach der gereizten Seite hin. Wir versuchten das Streichen genau median über den Rücken hin zu bewerkstelligen, in der Erwartung, dass die Schlange sich nach oben ausbiegen werde. Den Rumpf scheinen wir hierbei nie genau median getroffen zu haben, denn dieser bog immer entweder rechts oder links aus. Wurde aber das Schwanzende gestrichen, so hob es sich vom Boden ab und schien jeweils einen Augenblick sich nach oben zusammenrollen zu wollen, indessen traten sehr bald Drehungen um die Längsaxe des Körpers ein, der Ring neigte sich immer mehr auf eine Seite und schliesslich lag am Ende einer so ausgelösten Bewegung der Schwanz seitwärts zusammengerollt auf dem Boden.

1) Wir werden in Folgendem wiederholt Unterschiede im Verhalten zwischen dem Schwanz und dem übrigen Theil der Schlange anzugeben haben. Unter dem Schwanz verstehen wir dabei das letzte Achtel der Länge des Thieres.

Digitized by Google

Am 10. März und den folgenden Tagen hatte sich das Vorderthier etwas mehr beruhigt und das Hinterthier zeigte viel ausgiebigere Reflexbewegungen. Wenn man dasselbe so umbog, dass es mit irgend einer Stelle an das Vorderthier zu liegen kam, so bewegte sich in der Regel das Vorderthier zunächst nicht, hingegen glitt das Hinterthier längs dem Vorderthier nach vorn, sich demselben der Länge nach immer anschmiegend, bis endlich die Schwanzspitze zum Kopfe zu liegen kam. Erst in diesem Augenblicke schien das Vorderthier sein Hintertheil gewahr zu werden und behandelte dasselbe alsdann als einen Fremdkörper. Es bog sich von ihm weg und biss die Schlange zuweilen vor Zorn in ihren eigenen Schwanz.

Wenn das Thier über Nacht in seinem Käfig, einer grossen hölzernen Kiste, in die man Heu gelegt hatte, sich selbst überlassen war, so fand man dasselbe in der Regel am Morgen so zusammengerollt, wie sich ganz gesunde Schlangen zu rollen pflegen. Nach den oben mitgetheilten Beobachtungen kann hierin nichts Wunderbares mehr gefunden werden, denn wenn das Vorderthier sich eingerollt hatte, so genügte eine geeignete Bewegung desselben, um durch blosse Berührung irgend einen Theil des Hinterthieres so zu reflektorischen Bewegungen zu veranlassen, dass dasselbe sich zunächst um das Vorderthier und dann um sich selbst wickelte. Es wurde dies übrigens wiederholt den Tag über direkt beobachtet. Gegenüber anderen Reflexbewegungen der Schlange geschah dieses Einrollen verhältnissmässig sehr langsam.

Von allen Reizen scheinen Schlangen gegen Wärme am empfindlichsten zu sein und wendeten wir darum in den gleich zu beschreibenden Versuchen zum Auslösen der Bewegungen in der Regel die von glühenden Kohlen ausstrahlende Wärme an. Mechanische und elektrische Reize lösen jedoch, wenn sie in geeigneter Weise angewendet werden, dieselben Bewegungen aus. Herr Osawa hatte in seiner japanischen Vorlesung die bekannten Versuche am geköpften Aale demonstrirt und glaubte nun seinen Schülern zeigen zu können, dass die Schlange ebenfalls ihre Reflexe nach den Vorschriften der Zweckmässigkeit einrichte. Durch Annäherung einer glühenden Kohle reizte er die Seitenfläche des Hinterthieres. Anstatt wie der geköpfte Aal die gereizte Stelle vom Reizträger zu entfernen, machte die Schlange die genau entgegengesetzte Bewegung, sie wölbte sich gegen die

Digitized by Google

glühende Kohle hin vor. Mit diesem Vorwölben zugleich ist eine Drehung um die Längsaxe verbunden, die meistens von oben gegen die gereizte Seite hin nach unten ging. In der Folge wurde dieser Versuch nicht nur an dieser, sondern auch an anderen, geköpften Schlangen sehr häufig wiederholt, ohne dass auch nur ein einziges Mal die Schlange sich vom Reize weggewendet hätte, wie der häufig zu unmittelbarem Vergleich daneben gelegte geköpfte Aal. Die Schlangen drehten sich immer dem Reize zu; wie für thermische, gilt dies auch für mechanische und elektrische Reize.

Wenn man bei der Schlange mit durchschnittenem Rückenmark die glühende Kohle, mit der das Hinterthier gereizt wurde, nicht entfernte, sondern dieselbe auf dem Boden liegen liess, so konnte zweierlei eintreten. In den meisten Fällen gewann das Vorderthier durch die in seinem hinteren Theile eintretenden Bewegungen freieren Spielraum und vermochte das erstere letzteres nun vorwärts zu ziehen. Unter grossen Anstrengungen des Vorderthieres wurde so das Hintertheil nach vorne geschleift, wobei es sich jedoch im höchsten Grade ungelehrig zeigte, denn es schleifte der ganzen Länge nach an der glühenden Kohle hin, dieselbe zwar immer mehr nach der Seite schiebend, sich aber immer wieder von Neuem an ihr brennend. Nur das Schwanzende, welches sehr bald anfing eigenthümliche peitschende Bewegungen zu machen, schleuderte die Kohle zuweilen weit weg. In anderen Fällen jedoch rollte sich das Hintertheil bei unbewegtem Vordertheil mehr oder minder vollkommen über der Kohle zusammen und löschte dieselbe indem es sich die Schuppen bedeutend verbrannte.

Die oben angeführten peitschenden Bewegungen des Schwanzes traten immer auf, wenn irgend ein sehr starker oder lang andauernder Reiz das Hinterthier traf. Dauerte der Reiz auch noch an, nachdem diese Bewegungen eingetreten waren, so fing die zwischen Reizort und Schwanzende liegende Strecke an sich zu schlängeln und kriechende Bewegungen zu machen. Die vor dem Reizort liegende Strecke blieb jedoch immer ruhig. Eine Ausnahme trat nur dann ein, wenn das Schwanzende selbst gereizt wurde. Dieses ist sehr empfindlich und verursachten schon schwache Reize peitschende Bewegungen, wie z. B. eine auf 2—3 Zoll genäherte glühende Kohle; trafen den Schwanz aber stärkere Reize, so erfolgten kriechende Bewegungen des ganzen Hinterthieres.

Digitized by Google

Leider zeigte es sich, dass es uns nicht gelingen sollte, die Schlange am Leben zu erhalten. Am 17. März traten am Hinterthier Verfärbungen auf, seine Reflexe wurden immer träger und unvollkommener und am 20. war die Schlange todt. Erfahrungen, die wir inzwischen über die Ernährung der Schlangen und über das Verhalten von geköpften Thieren gewonnen hatten, liessen uns einstweilen von weiteren Versuchen absehen, Thiere mit durchschnittenem Mark auszuheilen. Die folgenden Versuche wurden alle an frischgeköpften Schlangen angestellt.

Wir müssen hier auseinander halten Reflexbewegungen und Bewegungen, welche durch Reize auf die Schnittfläche ausgelöst werden. Um beide von einander getrennt zu erhalten, wurde der Schlange, welche geköpft werden sollte, unter dem Kopf und dicht unter der Stelle, wo dieser abgeschnitten werden sollte, eine Ligatur um den ganzen Körper gelegt, mit der wir zwar die Blutgefässe zuschnürten, aber nicht die Wirbelsäule und das Mark quetschten. Wenn nun mit einer scharfen Scheere der Kopf getrennt wurde, so entstand keine Blutung und wir legten den Rumpf entweder auf einen Tisch, oder hingen ihn vermittelst des umgelegten Fadens an seinem oberen Ende auf, so dass er frei nach unten hing. Jeweils trat in längstens 10 Minuten vollkommene Ruhe ein und war der Rumpf nun geschickt Reflexbewegungen zu zeigen. War der Querschnitt mit Blut beschmiert, so dauerten Bewegungen eine unbestimmte Zeit lang an.

Nahmen wir den auf dem Tische liegenden Rumpf an seinem vorderen Ende in die Hand, so hob sich erst langsam, dann immer schneller der hinter dem gefassten liegende Theil und wickelte sich um den Arm des Experimentators. In den meisten Fällen legten die Schlangen die einzelnen Touren eng an einander und wanden sich so um Faustgelenk und Vorderarm. In anderen, selteneren Fällen und namentlich bei sehr grossen, siebenfüssigen Schlangen entfernten sich die einzelnen Touren weiter von einander und war in dem ersten Versuche dieser Art, den wir anstellten, der Experimentirende von der Geschwindigkeit, mit welcher der ganze Vorgang sich vollzog und besonders von der peitschenden Bewegung, mit welcher die Schlange ihre letzte Schleife um seinen Nacken und seine Wange legte, sehr überrascht. Ballte man die Faust stärker, so dass die Finger auf den von denselben umfassten Theil einen stärkeren Druck ausübten, so fühlte man entweder

Digitized by Google

unmittelbar, oder mit den Fingern der andern Hand, wie die Schlingen sich fester zusammenzogen. Liess man die Hand los, rutschte die Schlange ab. — Wir legten einen Theil einer grossen geköpften Schlange auf den Rücken eines lebendigen Kaninchens. Sofort wand sich der kopflose Rumpf genau so um das lebende Thier, wie es die ungeköpfte Schlange zu thun pflegt. Wir meinen damit, dass nicht nur Schlingen um den Rumpf des Kaninchens sich legten, sondern dass auch besondere Touren um die Beine sich wanden und das Thier gefesselt war, ehe es überhaupt dazu kam die Flucht zu versuchen. Legten wir eine Schlange über ein frei gehaltenes Bambusrohr, so rutschte sie von demselben wie abgestorben wieder ab. Auch als das Rohr auf ungefähr die Temperatur des Säugethierkörpers erwärmt wurde, konnten die Schlangen sich an demselben nicht halten. Umwickelten wir das Rohr mit einem Tuche, so fand die Schlange Rauhigkeiten genug, um sich halten und um das Rohr schlingen zu können. Wir glauben also keineswegs, dass an dem Abgleiten eine besondere Art und Weise der Erregung Schuld gewesen ist, sondern dass dasselbe lediglich mechanische Ursachen hat. Es wird dies überdies noch dadurch bewiesen, dass es einzelne Schlangen auch bei unumwickeltem Rohre an Versuchen nicht fehlen liessen sich umzuschlingen.

Reizt man, während eine geköpfte Schlange auf dem Tische liegt, ihren Rumpf oder ihren Schwanz, entweder durch Annäherung einer glühenden Kohle, oder auf mechanische Art, aber immer nur an einer Stelle, welche einen kleinen Bruchtheil der Gesammtoberfläche der Schlange ausmacht, so treten genau dieselben Erscheinungen auf, wie am Hintertheil des Thieres mit dem durchschnittenen Mark. Das Hauptsächlichste, welches hierbei zur Beobachtung kommt, ist also:

1) Schwache Reize auf das Schwanzende bewirken peitschende Bewegungen desselben.

2) Starke Reize auf den Schwanz bewirken ausser peitschenden Bewegungen desselben kriechende Bewegungen des ganzen Rumpfes.

3) Schwache Reize auf den Rumpf bewirken Ausbiegen desselben gegen den Reizträger hin.

4) Starke Reize auf den Rumpf bewirken Ausbiegen desselben wie bei schwachen Reizen und dann Bewegungen im ganzen

Digitized by Google

hinter der gereizten Stelle liegenden Theile, die aber am Schwanze beginnen, bei geeigneter Reizstärke auf diesen beschränkt bleiben. Unter allen Umständen bleiben vor der gereizten Stelle liegende Theile in Ruhe.

5) Den Versuch, den Rumpf median zu reizen, der uns an der Schlange mit durchschnittenem Mark nicht gelang, konnten wir sehr leicht an geköpften Schlangen anstellen. Schlägt man diese mit einem stumpfen Instrumente, z. B. mit einem Scalpellstiel genau auf den Rücken, so wölbt sich die getroffene Partie gerade nach oben und bildet so eine von der Unterlage abstehende Schlinge.

Wir haben nun noch anzuführen Reflexe, welche wir an aufgehängten Schlangen beobachteten. Fasst man eine solche mit der Hand an, so schlingt sich die unter der gefassten Stelle liegende Partie sofort um die Hand herum. Reizt man das Schwanzende mit glühenden Kohlen, so treten peitschende Schwanzbewegungen und nachher Schlängelungen weiter nach vorn gelegener Theile ein. Wir liessen es uns angelegen sein, ein besonderes Augenmerk drauf zu richten, was die Schlange für eine Gestalt annehme, wenn wir unter ihren Schwanz eine Kohle so legten, dass derselbe immer wieder von der strahlenden Wärme gereizt werden musste, wenn die Schlange gerade nach unten hing. Sorgte man durch Blasen dafür, dass die Kohle immer warm blieb, dann hielten die Bewegungen der angegebenen Art an, bis das Thier erschöpft war. Nur in einem, aber ganz regellos eintretenden Fall konnten diese Bewegungen kurze Zeit lang aufhören. Es kam nämlich zuweilen zur Bildung von geschlossenen Schleifen, die unter günstigen Umständen sich ungefähr eine Minute lang hielten. Wenn sie sich gebildet hatten, war der Schwanz weit genug von der Kohle weg, damit keine neuen Bewegungen ausgelöst wurden. Sobald aber die Schleife sich löste und der Schwanz wieder näher an die Kohle kam, traten die Reflexe wieder mit solcher Lebhaftigkeit ein, dass unmöglich Ermüdung an dem Lösen der Schlinge Schuld gewesen sein konnte. Wahrscheinlich hörte die Muskelaction schon auf, sobald sich jeweils die Schleife gebildet hatte. Diese wurde eine Zeit lang nur durch die wie Widerhaken wirkenden Schuppen gehalten. Darum lösten sich die Schlangen auch nie allmählich, sondern fielen immer mit einem Rucke ab.

Wie von vorne herein zu erwarten, wölbte sich auch die

Digitized by Google

hängende Schlange gegen die glühende Kohle hin vor, wenn dieselbe am Rumpfe angelegt wurde. Durch längere Reizungen wurden regelmässige Peitschenbewegungen des Schwanzes und Schlängelungen des Rumpfes erzielt. Es ist bemerkenswerth, dass diese Bewegungen immer nur in einer Ebene geschahen, die man anatomisch als Transversalebene bezeichnen kann, und die also bei dem auf dem Boden kriechenden Thiere der Horizontalebene entspricht.

Wir haben bis jetzt nur von mechanischen und thermischen Reizen gesprochen und konnten wir andere auch nicht bequem anwenden. Säuren und Alkalien müssen um zu reizen so sehr zwischen die Schuppen in die Tiefe dringen, dass das Integument bleibende Verletzungen erleidet. Elektricität liesse sich zweifellos gut anwenden, wenn man als Elektroden eines Induktoriums in die Haut eingestochene Nadeln nimmt; indessen versuchten wir bei unseren spärlichen Hülfsmitteln dieses nicht. Wenn wir die stumpfen Poldrähte unter die Schuppen brachten, so erfolgten genau in derselben Weise Ausschläge gegen die gereizte Seite hin, wie bei der thermischen oder mechanischen Reizung. Es sind also die Erscheinungen, welche wir an geköpften Schlangen beobachtet haben, nicht verschieden von denjenigen, welche wir am Hintertheil der Schlange mit durchschnittenem Mark sahen. Getrennte Beobachtungen von bleibenden und vorübergehenden Erscheinungen, die bei Säugethieren nach Rückenmarksdurchschneidung von so grosser Bedeutung sind, konnten wir an Schlangen keine anstellen, was aber noch nicht beweist, dass solche Verschiedenheiten nicht vorhanden sind.

Directe Reizungen frischer Rückenmarksquerschnitte ergaben Folgendes. Schneidet man einer Schlange auf die angegebene Art und Weise den Kopf ab, so macht der Rumpf unmittelbar nachher Bewegungen, die sich von den gewöhnlichen Bewegungen, mit denen die Schlange kriecht, nur durch ihre geringere Intensität unterscheiden. Bei einem sauberen Schnitt dauern diese Bewegungen höchstens 10 Minuten an, eine unbestimmte Zeit hingegen, wenn man das Mark mit Blut beschmiert. Haben sie aufgehört, so können sie durch einen neuen Schnitt sofort wieder hervorgerufen werden. Im Allgemeinen scheint die Empfindlichkeit verschiedener Abtheilungen des Markes von Vorn nach Hinten zuzunehmen; doch sind uns auch Fälle vorgekommen, wo lebhaft bestehende Bewe-

Digitized by Google

gungen durch einen neuen Schnitt vermindert wurden. Am Empfindlichsten sind die letzten Theile des Marks und wenn man den Schwanz abschneidet, so läuft er mit grosser Behendigkeit davon.

Lässt man Induktionsströme durch einen Querschnitt des Markes gehen, oder reizt man denselben mit einer glühenden Kohle, nachdem die Bewegungen, welche das Anlegen des Schnittes hervorgerufen hat, aufgehört haben, so treten sie von Neuem mit so grosser Intensität auf, dass der Rumpf fortkriecht, wenn seine Unterlage es ihm erlaubt. Also ergiebt sich wieder ein unzweifelhafter Beweis mehr dafür dass 1) das Rückenmark direkt erregbar ist und dass 2) Schnitt als dauernder Reiz wirkt.

Den Einfluss der einzelnen Arten zu reizen untersuchten wir an aufgehängten Thieren. Alle Bewegungen, die man so durch direkte Reizung eines Markquerschnittes erhalten kann, sind regelmässige Wellenbewegungen, die immer in der Transversalebene des Thieres bleibend über dasselbe vom Kopf zum Schwanzende hin ablaufen. Die Länge der einzelnen Wellen und die Geschwindigkeit ihrer Fortpflanzung werden um so grösser, je stärker der Reiz ist. Kochsalz zeigte sich unwirksam, sehr wirksam hingegen Wärme, mechanische Reize und Induktionsschläge. Mechanische Reize übten wir mit einem Draht aus, den wir in das Mark hineinsteckten, rein thermische Reize mit der glühenden Kohle und als besonders wirksam beide zusammen mit einem erwärmten Draht. Um uns vor dem Einwand zu schützen, dass wir nur Reflexe ausgelöst hatten, liessen wir immer denselben Reiz erst auf die Trachea und dann auf das Rückenmark wirken. Im ersteren Falle geschah entweder gar nichts, oder bei Induktionsschlägen zogen sich die Muskeln der nächsten Umgebung zusammen; bei Rückenmarksreizung dagegen trat ausnahmslose der angegebene Erfolg ein.

Wenn wir einen Draht in das Mark zunächst nur einige Linien weit einstiessen, so erschienen Kriechbewegungen, die über eine viertel Stunde lang andauern konnten. Sie begannen jedesmal wieder von Neuem, wenn der Draht tiefer eingestossen wurde. Hierbei gingen sie sehr genau von der Höhe des unteren Drahtendes aus, so dass man von Aussen leicht sehen konnte, wo sich dieses befand. Die lebhaftesten Bewegungen, in Folge deren die Schlange nicht selten von ihrer Befestigung abrutschte, oder sie durchriss, erhielten wir nach Einführung von erwärmten Drähten.

Digitized by Google

Von der besonderen Lebhaftigkeit des Schwanzendes haben wir schon gesprochen; an jedem 2 Zoll langen oder längeren Stück jedoch, das irgendwo aus der Schlange heraus geschnitten ist, treten Bewegungen oder Rudimente derselben auf, sobald man das vordere Ende des Markes reizt. Das hintere Schnittende eines solchen Stückes kann man mit beliebig starken Reizen behandeln, ausser einer kleinen Hebung desselben bei Elektricität, verursacht durch direkte Muskelreizung, treten keine Bewegungen auf.

Wenn man Stücke einer geköpften Schlange vollkommen enthäutet und ausweidet und die gewaltigen Erregungen, welche dadurch gesetzt werden, ablaufen lässt, so verhält sich bei Reizungen des Marks der nur aus Scelett, Mark, Muskeln und ihren Nerven bestehende Rest genau so, wie bei Anwesenheit von Haut und Eingeweiden. Reizt man bei einem solchen Präparat aber elektrisch oder durch plötzliche Annäherung einer Kohle die Seitenfläche, so biegt sich diese von dem Träger des Reizes weg. In diesem Punkte verhält sich also das Präparat scheinbar wie der Aal. Der unmittelbare Augenschein lehrt ganz unzweifelhaft, dass hieran nur die direkte Reizung der Rumpfmuskulatur Schuld ist. Zugleich aber giebt dieser Versuch dafür Zeugniss, dass bei der von irgend einer Hautstelle ausgelösten Reflexbewegung nicht die Muskeln der gereizten, sondern die der entgegengesetzten Seite sich zusammenziehen.

Durch unsere Versuche betrachten wir also Folgendes als festgestellt. Geköpfte Schlangen können durch Reflexe oder durch Reizung des Markquerschnittes nur zu zwei Sorten von Bewegungen veranlasst werden. Es sind entweder solche, die durch Zusammenziehen der Rumpfmuskulatur nur einer Seite hervorgebracht werden, oder solche, bei denen die Muskeln beider Seiten sich abwechselnd zusammenziehn. Letztere erfolgen immer bei direkter Markreizung. Reflectorisch erfolgen beide, die ersteren bei schwachen, die letzteren bei starken Reizen. —

Dass die Schlange ohne Kopf noch um den Arm, der sie hält und um das Kaninchen, über das man sie legt, sich herumwindet, folgt unmittelbar daraus, dass sie sich gegen den Reizträger hin wölbt. Die erst berührte Stelle wölbt sich vor und bringt dadurch eine benachbarte mit dem Arm oder mit dem Kaninchen in Berührung, die nun ihrerseits gereizt sich vorwölbt, wieder neue Theile reizt u. s. w. Ganz entsprechend muss der Vorgang

Digitized by Google

erklärt werden, wenn bei der Schlange mit durchschnittenem Mark das Hinterthier dem Vorderthier sich anschmiegt, sobald beide an einer einzigen Stelle in Berührung gebracht werden. So zweckmässig in dieser Form der Vorgang erscheinen mag, so wird denselben Reflex Niemand für zweckmässig halten, wenn er durch eine glühende Kohle ausgelöst wird, gegen die das Thier sich vorwölbt, oder auf der es sich sogar zusammenringelt. Ob ein Reflex zweckmässig erscheint oder nicht, wird nicht bedingt durch Vorgänge, welche im Thiere sich abspielen, sondern einzig und allein durch äussere Umstände, die für die Auflösung des Reflexes durchaus nicht wesentlich zu sein brauchen. Die Zweckmässigkeit als eine nothwendige Eigenschaft der Reflexe zu betrachten, ist von nun an ebenso unstatthaft, als es nach der Entdeckung der Darstellung des Harnstoffs aus seinen Elementen unstatthaft war als wesentliches Merkmal organischer Stoffe anzugeben, dass sie durch Vermittlung einer besonderen Lebenskraft gebildet sein müssen.

Erfahrungen über geeignete Fütterung und Aufbewahrung von Schlangen werden wir in einiger Zeit bei Gelegenheit eines Aufsatzes über die Ernährung dieser Thiere mittheilen.

Digitized by Google

Eine einfache Methode zur Messung der Körpertemperatur.

Von

Dr. Ernst Oertmann.

Die bisher zur Bestimmung der Körpertemperatur gebräuchlichen Methoden lassen sich in zwei Gruppen theilen; entweder wurde das Thermometer zwischen zwei sich berührende Hautflächen gelegt oder in eine mit Schleimhaut ausgekleidete Höhle eingeschoben. Praktische Bedeutung hat aber nur die Messung in der Achselhöhle, in recto und allenfalls in vagina erlangt, wiewohl auch diese Methoden zeitraubend und unbequem auszuführen sind.

Soll die Temperatur des Körpers durch Messung der Hautwärme bestimmt werden, so ist die Achselhöhle der beste Ort, denn hier ist wegen des Anliegens des Oberarmes am Thorax der Wärmeverlust geringer, als an allen andern Körperstellen. Durch festes Anlegen des Armes an den Brustkorb wird die Wärmeabgabe fast ganz aufgehoben, so dass bei der fortdauernden Wärmezufuhr die Achselhöhlentemperatur fast der Innenwärme des Körpers gleichkommt, jedoch dieselhe nicht immer ganz erreicht. Das Thermometer muss aber mindestens 10 Minuten lang in der geschlossenen Achselhöhle liegen, wenn es eine annähernd richtige Temperatur anzeigen soll.

Die Messung der Körpertemperatur in einer mit Schleimhaut bekleideten Körperhöhle, Rectum oder Vagina gibt genäue Werthe und ist in kürzerer Zeit ausführbar, wird aber dennoch aus naheliegenden Gründen nicht häufig vorgenommen. Während in der Achselhöhle erst nach längerem Geschlossensein derselben die Temperatur des Körperinnern hergestellt wird, besitzen Rectum und Vagina schon Körpertemperatur.

Das Thermometer wird in eine schon richtig temperirte Höhle eingeschoben; dennoch muss es 5 Minuten liegen bleiben, um einen genauen Werth zu liefern. Das langsame Steigen des Thermo-

Digitized by Google

meters erklärt sich wie unten gezeigt ist, nicht etwa daraus, dass das Quecksilber lange Zeit braucht, um die umgebende Wärme aufzunehmen, sondern es ist eine Folge der behinderten Wärmezufuhr. Sobald das Thermometer in den Anus oder die Vagina eingeführt ist, erwärmt es sich, während es seine Umgebung abkühlt. Das gleich nach dem Einlegen bestehende Gefühl von Kälte ist schon nach kurzer Zeit verschwunden. Das Thermometer hat dann schon die Temperatur der Rektalschleimhaut angenommen, hat aber zugleich dieselbe abgekühlt, so dass es jetzt von Gewebe umgeben wird, dessen Temperatur geringer ist als die des Körpers, und das sich nur langsam wieder erwärmt. Die Verzögerung der Temperatursteigerung kommt bei Messungen im Rectum dadurch zu Stande, dass dieselben Gewebstheile, welche ans Thermometer Wärme abgaben und dadurch einen Temperaturabfall erlitten, dennoch fernerhin das Thermometer umgeben, und ein weiteres Steigen desselben erst dann zulassen, wenn sie selbst wieder eine höhere Temperatur besitzen.

In der Achselhöhle kommt zu diesem Uebelstande noch hinzu, dass sie erst längere Zeit nach der Schliessung Körpertemperatur besitzt, dass sie diese manchmal nicht einmal völlig erreicht, dass endlich die Erwärmung des Thermometers auch desshalb viel langsamer als im Rectum stattfindet, weil die Epidermis die Wärmezufuhr durch die Blutgefässe mehr behindert, als die Schleimhaut des Rectums.

Folgender Versuch zeigt, dass mit dem Quecksilberthermometer in sehr kurzer Zeit eine ganz genaue Temperaturmessung vorgenommen werden kann. Ein mit Wasser gefülltes Thongefäss erwärmte ich mit seinem Inhalte auf 40° C. und hielt das Thermometer ruhig hinein. In 20 Sek. hatte es seinen höchsten Stand erreicht. Nachdem das Thermometer in kaltem Wasser wieder abgekühlt war, mass ich nochmals die Temperatur des im Thongefäss enthaltenen warmen Wassers, indem ich das Thermometer im Wasser lebhaft bewegte. Jetzt genügten 5 Sek. zur genauen Temperaturbestimmung. Durch die Bewegung wurde das Thermometer beständig mit neuen nicht abgekühlten Schichten der Flüssigkeit in Berührung gebracht, das Hinderniss, welches die Messung der Körpertemperatur so sehr verzögerte, nämlich die Umgebung des Thermometers mit abgekühlten Schichten, war hier beseitigt und die Temperatursteigerung fand überraschend schnell statt. Der Badewärter bedient

Digitized by Google

sich auch allgemein einer derartigen Temperaturmessung. Theoretisch erklärt sich die schnelle Temperaturveränderung des Quecksilbers aus seiner geringen specifischen Wärme. Wenn die Messung der Körpertemperatur im Rectum 5 Minuten dauert, die Wasserwärme mit demselben Instrumente aber in 5 Sek. ganz genau bestimmt wird, so ist die erstere Methode noch der Verbesserung fähig.

Die Verlangsamung der Temperatursteigerung bei Messung im Rectum ist, wie erwähnt, dadurch hervorgerufen, dass die durch das Thermometer abgekühlten Theile dasselbe von der Körpertemperatur trennen. Diese Verzögerung wird vermieden bei der Wärmebestimmung einer Flüssigkeit, in welcher das Thermometer lebhaft umherbewegt oder mit welcher es im starken Strahle übergossen wird. In beiden Fällen ist das Thermometer dauernd mit neuen noch nicht abgekühlten Theilen in Berührung, und somit sind die günstigsten Verhältnisse für rasche Temperatursteigerung gegeben. Im thierischen Körper sind zwei Flüssigkeiten in grösserer Menge vorhanden, das Blut und der Urin, und nur letzterer kann für den Zweck der Temperaturmessung in Frage kommen.

Meine Methode zur Bestimmung der Körpertemperatur ist demnach folgende: Ein möglichst kleines Maximalthermometer wird beim Urinlassen 2 bis 4 cm vor das Orificium Urethrae gehalten, so dass der ausströmende Urin das Quecksilber desselben umspült. Durch Mitpressen wird zweckmässig der Urinstrahl noch verstärkt. 7 Sekunden Urinumspülung genügen reichlich, um die durch Messung im Recto gefundene Temperatur im Maximalthermometer herzustellen.

Den Beweis für die Genauigkeit der Methode liefert umstehende Tabelle an mir selbst angestellter Beobachtungen.

Ich habe hier sämmtliche bis zum 30. October angestellte Urinmessungen mitgetheilt, woraus hervorgeht, dass keine misslungen ist. Bei den Messungen in der Achselhöhle blieb das Thermometer 15 Minuten liegen, im Rectum 5 Minuten und 7 cm tief eingeschoben. Für die vergleichenden Messungen zwischen Achselhöhlen-, Urin- und Rektumtemperatur waren jedesmal 20 bis 25 Minuten Zeit erforderlich, in welcher Zeit geringe Schwankungen der Körpertemperatur schon eintreten konnten, so dass dadurch die Vergleichswerthe ungenau wurden. Auszuschliessen sind diese

Digitized by Google

Tag.	27. Octbr.	28. October.				29. October.						30. October.			
Tageszeit.	Abds. 9 h.	Morgens 7½ h.	Morgens 11 h.	Morgens 11½ h.	Nachmitt. 4½ h.	Abds. 11 h.	Morgens 7½ h.	Morgens 11¼ h.	Nachmitt. 2½ h.	Nachmitt. 4½ h.	Nachmitt. 5¾ h.	Nachmitt. 6½ h.	Morgens 7½ h.	Mittags 12½ h.	Nachmitt. 4½ h.	Nachmitt. 7 h.
Temperatur in der Achselhöhle.	37°.2		37°.1		37°.6		36°.2		37°.8				36°.7			
Temperatur des ausströmenden Urins.	37°.6	36°.8	37°.3	37°.2	37°.65	37°.6	36°.6	37°.55	37°.6	37°.85	38°.25	37°.85	37°.1	37°.85	37°.8	37°.8
Temperatur im Rectum.		36°.7			37°.7		36°.6		37°.85				37°.1			

Schwankungen wohl mit Sicherheit in der Zeit vor dem Aufstehen. Zu dieser Zeit habe ich deshalb die meisten vergleichenden Messungen gemacht. Zuerst wurde bei ruhiger Bettlage in der Achselhöhle, dann im Rectum und gleich darauf beim Aufstehen im Urin die Temperatur bestimmt. Die Werthe für Rectum- und Urinmessung stimmen genau überein. Aus der Tabelle geht mit Evidenz hervor, dass die Temperaturbestimmung des Körpers im ausfliessenden Harn genauer ist als die Messung in der Achselhöhle und an Zuverlässigkeit der Rectummessung fast gleichkommt. Dabei ist das Verfahren unendlich viel einfacher und in wenigen Sekunden auszuführen. Vorbedingung ist ein kräftiger Strahl beim Urinlassen, wesshalb bei Frauen, kleinen Kindern und auch manchen erwachsenen männlichen Individuen diese Art der Temperaturmessung nicht anwendbar ist.

Zur Bestimmung der Temperatur besonders grösserer Thiere lässt sich die angegebene Methode vielleicht auch mit Vortheil benutzen.

Digitized by Google

(Aus dem Breslauer physiologischen Institut.)

Ueber Bildung und Ausscheidung von Fermenten.

Von

Dr. **P. Grützner.**

In einer kürzlich erschienenen Arbeit „über den Bau und die Thätigkeit der Drüsen" legte O. Nussbaum[1]) eine Reihe von Erfahrungen nieder, welche er sowohl durch chemische, wie namentlich durch histologische Untersuchungen über den genannten Gegenstand gesammelt hatte. Das Resultat derselben lässt sich im Wesentlichen in Folgendem zusammenfassen. 1) Alle bekannten, sogenannten ungeformten Fermente haben die Fähigkeit, in ihren Lösungen schwärzend auf Ueberosmiumsäure einzuwirken und 2) bei einer grossen Reihe von Drüsen, deren Secrete fermentirend auf die Ingesta wirken, gelingt es bestimmte Zellen aufzufinden, die durch ihren jeweiligen Gehalt an Ferment von Ueberosmiumsäure mehr oder weniger geschwärzt werden, während die Drüsen ohne verdauungskräftige Secrete sich der Ueberosmiumsäure gegenüber indifferent verhalten.

Da mich diese Angaben im höchsten Masse interessirten, sowohl an und für sich, als auch deshalb, weil sie in vielen Punkten mit Anschauungen, die ich über Fermentbildung gewonnen hatte, nicht übereinstimmten, so liess ich es mir angelegen sein, sie namentlich betreffs der streitigen Punkte zu wiederholen und mit den meinigen zu vergleichen.

Indem ich im Wesentlichen dem Gange folge, den Nussbaum in seiner Arbeit eingeschlagen hat, bespreche ich zunächst die Untersuchungen, welche ich über die Speicheldrüsen verschiedener Thiere angestellt habe.

Von den histologischen Verhältnissen absehend, die durch

1) Schultze's Archiv. Bd. XIII. p. 724.

Digitized by Google

eine Reihe früherer Arbeiten hinreichend klar gelegt waren und was die Angaben Nussbaum's betrifft, in einer demnächst erscheinenden Dissertation von Schultze-Baldenius näher beschrieben werden sollen, machte ich mich daran die Angaben zu prüfen, welche Nussbaum entgegen meinen Behauptungen betreffs der glandula submaxillaris des Kaninchens gemacht hat. Nach ihm soll sowohl das aus frischer Drüsensubstanz dargestellte Extract, sowie das Secret der Drüse selbst die Fähigkeit besitzen, in wenigen Minuten Stärkekleister bei Körpertemperatur in Zucker überzuführen. Ich dagegen hatte, so wie es bereits Schiff[1]) gethan, der glandula submaxillaris des Kaninchens und zwar zunächst ihrem Glycerinextract, fermentative Eigenschaften abgesprochen. —

Demgemäss wiederholte ich an einer grossen Anzahl von Kaninchen, sowohl an solchen, welche gehungert, wie an andern, die in 'gewohnter' Weise gefüttert worden waren, meine resp. Nussbaum's Experimente, und zwar regelmässig mit constantem Resultat. Ich war nämlich durchaus nicht im Stande, irgend wie nennenswerthe fermentative Eigenschaften an diesen Extracten nachzuweisen, während etwa menschlicher Speichel oder die Ausztge der Parotiden von denselben Thieren binnen wenigen Minuten Stärke in Zucker umgeführt hatten.

Indem ich nach Gründen suchte, die Nussbaum'schen Resultate, welche den meinigen durchaus entgegengesetzt waren, zu erklären, finde ich Folgendes erwähnenswerth. Wenn man die Drüse längere Zeit (12 — 20 Stunden), sei es im getödteten Thiere selbst, sei es ausserhalb desselben in mittlerer Temperatur liegen lässt, wenn man ferner ein sehr blutreiches Organ[2]) verwendet oder es nicht gut zerkleinert, so dass das Glycerin sehr langsam in die Stücke einzudringen vermag, so kann man mitunter an den betreffenden Extracten ganz geringfügige fermentative Wirkungen constatiren, die aber immerhin mit den von Nussbaum erwähnten nicht zu vergleichen sind.

---

1) Schiff, Leçons sur la digestion Tome I. 1867. p. 204.

2) In Uebereinstimmung hiermit fand ich einmal, dass eine längere Zeit gereizte (bluthaltige) Drüse bessere diastatische Wirkungen zeigte, als die andere unthätige (blutarme). Beiderlei Wirkungen waren zwar minimal und erst nach 20 Stunden zu constatiren.

Digitized by Google

Nur auf einem Wege könnte meines Bedünkens ein Erfolg erzielt werden, demjenigen ähnlich, den Nussbaum beschreibt. Wenn man nämlich die Unterkieferdrüse nicht rein präparirt, sondern mit ihr zugleich ein Stück der ungemein fermenthaltigen Parotis herausschneidet und mit zur Verwendung bringt, so erhält man selbstverständlich diastatisch wirksame Extracte. Da ich natürlich nicht annehmen kann, dass Nussbaum diesen Fehler begangen hat, so bin ich weder in der Lage, seine Angaben zu bestätigen, noch auch sie irgend wie zu erklären. Ich muss vielmehr bei meiner früheren Behauptung stehen bleiben, dass das Glycerinextract (und der wässrige Aufguss) der Unterkieferdrüse des Kaninchens keinen diastatisch wirksamen Stoff enthält, oder dass, wenn überhaupt von einem solchen die Rede sein könnte, er nur in äusserst geringfügiger Menge vorhanden ist. Denn erst nach mehr (10 — 15) stündigem Digeriren mit Stärkekleister kann man Spuren von Zucker nachweisen, eine Eigenschaft, welche bekanntlich dieses Extract mit einer Menge anderer, aus beliebigen Organen (Muskeln etc.) dargestellten gemein hat und die für Fermentbildung Nichts beweist.

Dasselbe, was ich von dem Extract, muss ich nun auch von dem Secret behaupten. Behufs Feststellung dieser Thatsache verfuhr ich wie folgt. Dem Versuchsthier, welches gar nicht curarisirt oder morphisirt zu sein braucht, wird in der Mittellinie die Haut des Unterkiefers gespalten, die Sehne des digastricus am Unterkiefer durchtrennt und die Drüse selbst vorsichtig an ihrem Bindegewebe nach hinten gezogen. Ihr Ausführungsgang, der sonst nicht leicht zu finden ist, spannt sich an und wird mit einer capillaren Glascanüle (etwa $^1/_2$ — 1 Centimeter vom Hilus) versehen. Um Secret zu gewinnen hat man Nichts weiter nöthig, als mit mässigen Inductionsströmen die Umgebung des Ganges und seine Austrittsstelle aus der Drüse zu reizen. — In den Ausführungsgang der Parotis ist sehr leicht eine Canüle eingebunden, weil derselbe eine feste Unterlage hat. Elektrische Reizung des Ganges und der Drüse, sowie gelindes Drücken auf dieselbe, fördert ebenfalls genug, wenn auch viel weniger Secret, als bei der glaudula submaxillaris zu Tage.

Die so gewonnenen Speichelarten verhielten sich folgendermassen. Der Parotisspeichel wirkte in kürzester Zeit, der andere noch nicht nach 2 — 4 Stunden; erst nach 20stündiger Digestion

Digitized by Google

konnten in den betreffenden Proben Spuren von Zucker nachgewiesen werden. Nussbaum behauptet von diesem Secret, welches er sich in etwas anderer (wie ich glaube nicht so einfacher) Weise verschaffte, dass es in wenigen Minuten bei Körpertemperatur Stärkekleister in Zucker umsetze. Bei dieser so durchaus verschiedenen Angabe muss ich daher annehmen, dass Nussbaum in der That ein anderes Secret vor sich gehabt hat. Er giebt nicht an, ob er eine Canüle in den Ausführungsgang eingebunden hat und ich möchte fast vermuthen, dass er es nicht gethan. Dann ist mir aber auch sein Erfolg erklärlich; denn der so aufgefangene Speichel kann als rein nicht betrachtet werden; er ist aller Wahrscheinlichkeit nach ein Gemisch von dem Secret der glandula submaxillaris der zerstreuten Mund- und Wangendrüsen und einer kleinen am vorderen Ende des ductus Whortonianus gelegenen Drüse, die möglicher Weise alle diastatisch wirksam sein können. — Mag nun Nussbaum operirt haben, wie er will, ich bin der festen Ueberzeugung, dass wenn er sich auf irgend eine Weise reinen Submaxillarspeichel vom Kaninchen verschafft, er ihn ebenso unwirksam finden wird, wie ich.

Untersuchen wir nun weiter, wie sich die Unterkieferdrüse des Kaninchens gegenüber dem von Nussbaum gepriesenen Reagens, der Ueberosmiumsäure verhält, so müssen wir im Wesentlichen in Uebereinstimmung mit ihm sagen, dass sich die Zellen der Acini verhältnissmässig wenig, die Epithelien der Ausführungsgänge aber und gewisse ihnen nahe liegende Partieen des Gewebes intensiver schwärzen. Nussbaum hält letztere Gebilde auf Grund dieser Thatsache und auf Grund des Fehlens der Reaction, wenn man der lebendigen oder todten Drüse ihr Ferment entzogen habe, für Ferment bereitende Organe. Indem ich mich auf histologische Einzelheiten, in Betreff deren ich auf die Dissertation von Schultze-Baldenius verweise, nicht näher einlasse, muss ich schon auf Grund meiner obigen Untersuchungen jene Ansichten für irrig erklären; denn wo man kein Ferment auf die gewöhnliche Weise der Extraction und wo man keines in dem Secrete selbst nachweisen kann, da darf man natürlich keines annehmen auf Grund einer mikrochemischen Farbenreaction, die bei allen möglichen andern Stoffen in gleicher Weise eintritt, wie eben bei den Fermenten.

Weiterhin sprechen folgende Umstände gegen die Nuss-

Digitized by Google

baum'sche Annahme. Die glandula parotis des Kaninchens, von deren reichem Fermentgehalt man sich jeden Augenblick leicht überzeugen kann, färbt sich durch das betreffende Reagens — so weit ich wenigstens gesehen habe — nicht so sehr viel, ja häufig gar nicht intensiver schwarz, als die fermentfreie submaxillaris. Nussbaum giebt freilich an, dass sich bei der Parotis alle Drüsenzellen, bei der submaxillaris nur wenige schwärzen. Mag dem aber sein, wie ihm wolle, so viel ist sicher, dass zwischen der Färbung beider Drüsen mit Osmiumsäure und ihrem Gehalt an Ferment durchaus kein Parallelismus besteht [1]).

Wenn Nussbaum ferner behauptet, dass die lebende Unterkieferdrüse durch anhaltende Thätigkeit (stundenlange elektrische Reizung) und die todte durch Rehandlung mit Glycerin oder Wasser ihr Ferment verliert und dann demgemäss sich auch nicht mit Ueberosmiumsäure schwärzt, so habe ich — wenn überhaupt von Fermentbildung die Rede sein kann — über das Erstere eine nur einmalige, aber entgegengesetzte Erfahrung, das zweite aber halte ich nicht beweisend im Sinne Nussbaums; denn verschiedene thierische Gewebe haben die Fähigkeit, frisch dem Körper entnommen sich mit Osmiumsäure zu schwärzen, während sie ausreichende Zeit mit Wasser oder Glycerin behandelt, oder in Wasser gekocht, dieses nicht mehr thun. Wollte man alle diese Reactionen auf Ferment- An- resp. -Abwesenheit beziehen, so müsste man gar vielen Organen (glatten und quergestreiften Muskeln, fast allen Epithelzellen etc.) Fermentbildung zusprechen.

Um nun dem Parallelismus zwischen dem grossen nnd geringem Fermentgehalt auf der einen und ihrer Färbbarkeit durch Osmiumsäure auf der andern Seite eine möglichst breite Basis zu geben, hat sich Nussbaum natürlich nicht mit den Drüsen eines Thieres begnügt, sondern zunächst die Drüsen von Fleischfressern (Hund) untersucht und hierbei dasselbe gefunden, was auch ich angegeben. Der Submaxillarspeichel dieser Thiere war frei von Ferment und die Elemente der Drüse gaben so gut wie keine

1) Aehnliches lässt sich auch bei den Secreten selbst constatiren. Ich verschaffte mir einmal etwa einen ccm Parotisspeichel und ebensoviel Submaxillarspeichel vom Kaninchen und versetzte sie mit gleichen Mengen Osmiumsäure. Die völlig wasserklaren, reinen Secrete änderten ihr Aussehen. Der fermentfreie Submaxillarspeichel aber färbte sich viel dunkler, als der stark fermenthaltige Parotisspeichel.

Digitized by Google

Reaction mit der Ueberosmiumsäure. Hier stimmte also chemische Reaction und physiologische Bedeutung der Drüse im Sinne Nussbaum's überein. Gehen wir aber nur einen kleinen Schritt weiter, so sehen wir sofort, dass dieses Zusammenfallen der Erscheinungen nur eine Ausnahme ist. Schon die Parotis des Hundes färbt sich mit Osmiumsäure schwarz und ihr Secret ist fermentfrei, beziehungsweise erst nach Stunden wirksam.

„Die Submaxillardrüsen des Rindes, Schaafes, Meerschweinchens und der Maus — fährt Nussbaum fort, liefern alle schnell und kräftig diastatisch wirkende Extracte und in Uebereinstimmung damit werden die protoplasmatischen Zellen in den Alveolis durch Ueberosmiumsäure tief braunschwarz gefärbt." Letztere Behauptung unterschreibe ich, erstere dagegen halte ich für unrichtig. Es war mir und Schultze-Baldenius nie möglich diastatische Wirkungen von den Unterkieferdrüsen genannter Thiere zu erhalten, diejenige des Meerschweinchens ausgenommen. Alle diese Drüsen färbten sich zwar schwarz, waren aber frei von Ferment.

Während ich diese Untersuchungen anstellte und die Resultate derselben in der „schlesischen Gesellschaft für vaterländische Cultur" (Sitzung vom 20. Juli 1877) bekannt gab, war es für mich von höchstem Interesse, dass ganz zu derselben Zeit eine Arbeit von Astaschewsky[1]) aus Kasan erschien, in welcher nach der sehr genauen Methode Paschutins im Wesentlichen dasselbe constatirt wurde, was ich und Schultze-Baldenius bereits gefunden. Denn auch Astaschewsky giebt an, dass die fraglichen Drüsenextracte und Secrete, die Nussbaum von stark diastatischer Wirkung gefunden hat, wenig oder gar nicht wirksam sich erwiesen; auch er gelangte zu der Ueberzeugung, „dass die allgemein verbreitete Ansicht, der Speichel der Herbivoren enthalte eine bedeutendere diastatische Kraft, als der der Carnivoren, einer factischen Unterlage entbehre und dass die wässrigen Ausztige der Muskeln kaum schwächer diastatisch wirken, als die entsprechenden Speicheldrüsenausztige".

Auch wir hatten diese Untersuchungen möglichst weit ausgedehnt und gefunden, dass diastatisch wirksamer Speichel nur geliefert wird von den Speicheldrüsen des Menschen und den Parotiden der Nager (Kaninchen, Ratte, Maus, Eichhorn, Meerschwein-

1) Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften. 1877. p. 531.

Digitized by Google

chen). Die Submaxillardrüsen genannter Thiere (mit Ausnahme derjenigen des Meerschweinchens), sowie die Speicheldrüsen von Pflanzenfressern (Pferd, Rind, Ziege, Reh, Schaf) und von Thieren, die von gemischter Kost leben (Bär, Igel, Schwein) enthalten dagegen nur verschwindende Spuren von diastatischem Ferment und dürfen nach unserer Meinung als Fermentbildner nicht betrachtet werden.

Indem ich auf andere Einzelheiten und Folgerungen der Nussbaum'schen Arbeit nicht näher eingehen will, da ich schon betreffs der Grundthatsache, auf welcher sie basirt sind, anderer Ansicht bin, so gelange ich hiermit zu einer zweiten Gruppe von Drüsen, nämlich denjenigen der Magenschleimhaut, deren Secretionsproduct das Pepsin ist.

Betreffs seines Ursprungs ist bekanntlich das Lager der Physiologen getheilt und Nussbaum tritt aus mehrfachen Gründen auf die Seite derjenigen Forscher, welche den Belegzellen (den Labzellen früherer Autoren) und nicht den Hauptzellen die Rolle der Bildung dieses Fermentes zuschreiben. Diese Gründe dürften im Wesentlichen folgende sein:

1) Die Belegzellen schwärzen sich mit Osmiumsäure; die Hauptzellen nicht, oder wenig.
2) Die Menge des in der Magenschleimhaut befindlichen Pepsins gehe parallel mit der Schwärzung der Belegzellen.
3) Die Thatsachen, welche ich in einer Arbeit[1]) für die entgegengesetzte Ansicht beigebracht, seien nicht beweisend, weil die Methode, deren ich mich bediente, im höchsten Maasse unzuverlässig sei.

Ich halte es für praktisch, zunächst bei dem dritten Punkte zu beginnen und die gegen meine Methode gemachten Einwände zu widerlegen.

Wenn sich Nussbaum die Mühe genommen hätte, meine Methode praktisch zu prüfen — was meiner Meinung nach derjenige thun muss, der über irgend eine Methode urtheilen und sie namentlich aburtheilen will, — so wäre er nicht auf den Gedanken verfallen überall Fehler und Ungenauigkeiten zu suchen und zu finden, wo doch keine vorhanden sind. Kurz gesagt, die Beurthei-

1) Untersuchungen über die Bildung und Ausscheidung des Pepsins von P. Grützner. Breslau 1875.

Digitized by Google

lung meiner Methode von Seiten Nussbaum's beruht auf einem Missverständniss, in welches Derjenige, wie es scheint, leicht verfallen kann, der sich nur oder vorzugsweise an die von mir gegebenen Tabellen hält, ohne zu berücksichtigen, wie und wann ich sie gewonnen habe. —

Nussbaum hält es nämlich ohne Weiteres für erlaubt, die Zahlen, welche in den verschiedensten Tabellen als Mengen des aufgelösten Fibrins figuriren, neben einander zu stellen und sie zu vergleichen. Als Beispiel ist Versuch 3 und 4 von ihm herangezogen, in welchen die von derselben Pylorusschleimhaut bereiteten Extracte geprüft wurden. In dem ersten Versuch ist durch das betreffende Extract nach 17 Minuten die Farbennummer 0—I, in dem zweiten durch das aus derselben Schleimhaut bereitete schon Nr. II erreicht. Wie könne da von einer Genauigkeit die Rede sein, wenn gleiche Pepsinmengen unter gleichen Bedingungen so verschiedene Resultate ergeben.

Wie aus der Art und Zahl meiner Versuche hervorgeht, sind dieselben nicht innerhalb weniger Tage, sondern innerhalb mehrerer Wochen und Monate gemacht worden. Und dies erklärt Alles; denn dann trifft eben die von Nussbaum gemachte Prämisse, dass die Bedingungen des Versuches heute und nach so und so viel Wochen oder Monaten absolut dieselben sind, nicht mehr zu.

Zunächst ist die Temperatur an den beiden Versuchstagen höchst wahrscheinlich nicht dieselbe gewesen, und da ich die Versuche der Einfachheit halber stets in Stubentemperatur vornahm, so könnte schon durch diesen Umstand allein eine scheinbare Verschiedenheit in den Wirkungen gleicher Pepsinmengen erklärt werden. Vor allen Dingen aber berücksichtigt Nussbaum die Thatsache nicht, dass ich zu den verschiedenen Versuchen auch nicht immer dasselbe Fibrin verwenden konnte; das Fibrin ging aus, es wurde neues bereitet und gefärbt. Nun ist bekannt, dass die eine Fibrinart sich nicht so gut löst, vielleicht auch nicht so gut sich färbt, wie eine andere, dass das Fibrin nicht Monate lang ganz und gar seine ursprüngliche Farbe behielt u. s. f. Alles das aber müsste der Fall sein, wenn die von Nussbaum gestellten Anforderungen befriedigt werden sollten. Schliesslich — und das dürfte wohl die Hauptsache sein — habe ich die Fibrinmengen immer nur nach dem Augenmass abgeschätzt, und dass ich heute ganz dieselben Fibrinmengen in die Gläschen legte, wie nach 4 oder 8 Wochen,

Digitized by Google

das habe ich mir weder zugemuthet, noch je beabsichtigt. Die gleichzeitig in die Gläschen gelegten Fibrinmengen waren gleich, und das ist wesentlich, die zu verschiedenen Zeiten verwendeten aber waren an Gewicht und Art sicher so different, dass sie die von Nussbaum gerügten Differenzen mehr als ausreichend erklären.

Man wird mir da vielleicht entgegenhalten, warum ich nicht alle Bedingungen gleich gemacht habe, warum ich nicht in Brutwärme habe verdauen lassen, warum ich das Fibrin nicht abgewogen habe u. s. w. Darauf antworte ich, dass ich das gar nicht nöthig hatte und durch eine viel einfachere Methode, nämlich durch die gleichzeitige Extraction der fraglichen Schleimhautstücke unter ganz denselben Bedingungen und die gleichzeitige Untersuchung ihres Pepsingehaltes mich vor irgend welchen Irrthümern sichern konnte [1]).

Diese wenigen Auseinandersetzungen werden genügen, um Nussbaum zu überzeugen, dass die von ihm gegen die Genauigkeit meiner Methode gemachten Einwände grundlos sind. Warum hat aber Nussbaum, halte ich ihm entgegen, wenn er auf Grund seiner Schlussfolgerungen meine Methode der Pepsinbestimmung für ungenau hielt, nicht mit irgend einer anderen Methode Versuche angestellt? Wahrscheinlich wohl desshalb, weil er „die Schwierigkeiten, Fermente ohne Verlust vollständig zu extrahiren und sie aus den Producten ihrer fermentativen Thätigkeit quantitativ zu bestimmen", zu hoch angeschlagen hat. Dann ist mir aber völlig unklar, woraus Nussbaum auf Fermentreichthum oder Fermentarmuth geschlossen hat.

Um die 4.—5. Verdauungsstunde, gibt z. B. Nussbaum an, färben sich bei Hunden die Belegzellen am intensivsten mit Osmiumsäure, im Hunger also weniger und auch weniger nach längerer Verdauungszeit. Um nun seine Annahme betreffs des Parallelismus zwischen Schwärzung und Fermentreichthum zu beweisen,

1) Ueber einen Punkt, betreffend die Infusion des Kaninchenpylori mit HCl habe ich bemerkt, dass diese Methode für die Bestimmung des Pepsins nicht gut sei, sie gebe aus irgend welchen hier nicht näher zu besprechenden Gründen schwankende Resultate; die Extraction mit Glycerin aber gebe zuverlässige. Nussbaum citirt nun gerade ein Beispiel, in welchem ich HCl zur Extraction verwendet habe, um die Genauigkeit einer quantitativen Pepsinbestimmung überhaupt in Frage zu ziehen.

Digitized by Google

hätte Nussbaum doch vor allen Dingen zeigen müssen, dass die Magenschleimhäute mit den sich stark schwärzenden Belegzellen viel, die andern aber wenig Ferment enthalten. Das geschieht aber nicht; sondern meine bestimmten, allerdings mit seiner Annahme nicht übereinstimmenden Angaben werden auf Grund einer angeblich ungenauen Methode angezweifelt, aber nach keiner Richtung hin experimentell geprüft und also lediglich aus der grösseren oder geringeren Schwärzung auf Pepsin-Reichthum oder Armuth geschlossen, anstatt letztere festzustellen oder wenigstens es zu versuchen und mit der etwaigen Schwärzung der Belegzellen zu vergleichen.

Ich habe mich nun nochmals der Mühe unterzogen, mehrere Hunde gefüttert, sie in verschiedenen Phasen der Verdauung getödtet und ihre Mägen auf Pepsin untersucht. Und ich muss durchaus dabei stehen bleiben, dass der Magen (Fundus) eines hungernden Thieres viel mehr Pepsin enthält (resp. an Glycerin abgibt), als derjenige eines andern in voller Verdauung, und dass demnach gerade intensive Schwärzung der Belegzellen mit Pepsinarmuth zusammenfällt, mit Pepsinreichthum also nicht das Mindeste zu schaffen hat.

Ein zweiter, eben dahin zielender Versuch demonstrirt gleichfalls auf etwas andere Weise die Unzuverlässigkeit der Reaction von Osmiumsäure gegen Fermente. Eine Reihe verschiedener Glycerinextracte wurde einerseits auf ihren Pepsingehalt untersucht und andererseits mit Osmiumsäure behandelt. Es ergab sich aber selbst unter diesen einfachen Bedingungen durchaus nicht, dass sich die fermentreichen Extracte mehr bräunten, als die armen und umgekehrt. Namentlich wählte ich zwei an Pepsingehalt sehr verschiedene Extracte aus; das eine entstammte einem Hungerhunde und enthielt sehr viel Pepsin, das zweite einem Hunde, getödtet in voller Verdauung und enthielt sehr wenig. Es bräunte sich nun das fermentreiche Extract viel weniger, als das fermentarme und ebenso verhielten sich auch die betreffenden Magenschleimhäute selbst, indem — wie das auch Nussbaum angibt — die thätige Schleimhaut intensiver gegen die Osmiumsäure reagirte, als die unthätige des hungernden Thiers. Da nun die mit Glycerin extrahirten Magenschleimhäute, beziehungsweise ihre Belegzellen sich hinterher sehr wenig mit Osmiumsäure schwärzen, so entzieht ihnen das Glycerin einen Stoff, welcher zwar mit dieser Säure sich schwärzt, aber doch kein Pepsin ist.

Digitized by Google

Nussbaum erwähnt weiter, dass nach Schwammfütterung, welche das Pepsin aus den Drüsen entferne, die Belegzellen sich fast nicht mehr färbten. Indem ich auf die Schwierigkeiten aufmerksam mache, quantitative Farbenunterschiede bei verschiedenen mikroskopischen Präparaten zu beurtheilen und auf die Menge von Umständen hinweise, welche eine verschiedene Färbung auch sonst gleichartiger Präparate bewirken können, möchte ich jenem Farbenunterschied keinen so grossen Werth beimessen, wie dieses Nussbaum thut. Ich selbst habe auffallende Unterschiede der Magenschleimhäute von Thieren, die in verschiedenen Verdauungsperioden getödtet wurden, insoweit derselbe lediglich durch die Färbung der Belegzellen mit Osmiumsäure bedingt war, gerade nicht gefunden. Am intensivsten gefärbt fand ich allerdings, wie Nussbaum die Belegzellen von Hunden, die in voller Verdauung (4—6 Stunden nach reichlicher Mahlzeit) getödtet waren; da sind aber auch die Belegzellen grösser und können schon aus dem Grunde schwärzer erscheinen, auch wenn sie an und für sich nicht schwärzer gefärbt sind, als kleine Zellen im Hungerzustande. Wenn also nach Nussbaum „das Verhalten der Belegzellen gegen Ueberosmiumsäure keinen Zweifel darüber lässt, dass diese Zellen Pepsin bilden", so möchte ich, wenn man überhaupt aus der Schwärzung mit Osmiumsäure sich einen Schluss auf Fermentmenge resp. -bereitung erlauben dürfte, gerade das Entgegengesetzte behaupten, weil eben die Verschiedenheit im Pepsingehalt und der Grad der Schwärzung jener Gebilde durchaus nicht zusammenfallen.

Ich bin somit wieder zu der schon so oft ventilirten Frage nach dem Ort der Pepsinbildung gekommen und will nur einige hierauf bezügliche Behauptungen Nussbaums besprechen, da sich die andern, wie ich glaube, durch meine letzte Arbeit, sowie diejenigen von Swiecicki[1]) und Partsch[2]) erledigen.

Nussbaum sagt, die Zellen des Pylorus färben sich nicht mit Osmiumsäure und bilden demgemäss kein Pepsin; ich entgegne, die Pyloruszellen schwärzen sich wenig mit Osmiumsäure (viel weniger als die Belegzellen), und enthalten wie dies auch von den Gegnern der von Ebstein und mir vertretenen Ansicht

1) Dieses Archiv Bd. XIII. p. 444.
2) Schultze's Archiv Bd. XIV. p. 179.

Digitized by Google

und wohl auch von Nussbaum zugegeben wird, stets Pepsin[1]). Es liegt daher eine Inconsequenz in dieser seiner Angabe, da ja die Osmiumsäure nicht blos Ferment bildende, sondern auch Ferment enthaltende Organe schwärzen soll.

Wenn Nussbaum ferner die Resultate der Untersuchungen von Klemensiewicz dahin kritisirt, dass das aus der Pylorusfistel ausgeschiedene Pepsin infiltrirtes, auf der Schleimhaut fest haftendes gewesen sei, so lässt er dabei die von Ebstein und mir gemachten Untersuchungen ausser Acht, dass auf der Pylorusschleimhaut so gut wie kein Pepsin haftet, und dass also die Ausscheidung jener beträchtlichen Pepsinmengen auf diese Weise ihre Erklärung durchaus nicht finden kann.

Schliesslich bezweifelt Nussbaum die Beweiskraft des von Ebstein und mir angestellten Versuches, in welchem wir die tiefsten Partieen der lebenden Pylorusschleimhaut ausschnitten und aus ihrem steten Pepsingehalt auf Pepsinbildung in den Hauptzellen schlossen. Das könnten möglicherweise einige Belegzellen gethan haben, die sich im Pylorus vorfinden. Da möchte ich denn Nussbaum fragen, ob er selbst je in den von uns näher bestimmten Stellen des Hundepylorus eine Belegzelle gefunden hat. Heidenhain, Ebstein, Klemensiewicz und ich haben hier niemals eine solche gesehen und ich muss daher entschieden ihr Vorkommen bestreiten und gar eine auf ihr regelmässiges Vorkommen gegründete Erklärung irgend welcher Thatsachen für durchaus unbegründet halten.

Nussbaum hat die Belegzellen für Pepsinbildner erklärt, auf

---

1) Auch Herrendörfer behauptet, dass das im Pylorus enthaltene Pepsin wahrscheinlich desshalb infiltrirt sei, weil auch aus den nicht Pepsin bildenden Wiederkäuermägen sich Pepsin extrahiren lasse, in dessen Besitz sie nur durch Infiltration gelangt sein können. So sehr ich auch die Herrendörfer'sche Ansicht betreffs der Wiederkäuermägen anerkenne (um so mehr, da er dieselben gewiss nicht so bald nach dem Tode der Thiere in Arbeit nehmen konnte, als wir die Hundemägen), so sehr bezweifele ich die Uebertragung dieser Deutung auf die Pylorusschleimhäute überhaupt. Die zweite Herrendörfer'sche Behauptung, das sogenannte Eberle'sche Häutchen wirke desshalb verdauungskräftig, weil es abgestossene Belegzellen enthalte, ist meiner Meinung nach nicht beweiskräftig, weil neben den Belegzellen und unabhängig von ihnen ja sehr viel gelöstes Pepsin vorhanden sein kann, welches die betreffenden Reactionen zur Genüge erklären dürfte.

Digitized by Google

Grund einer mikrochemischen Reaction, über deren Werth ich mich bereits genügend ausgesprochen. Geht man aber auch so weit und gibt zu, dass überall da, wo Fermente in Drüsen vorhanden sind und gerade desshalb die fraglichen Drüsenelemente in Osmiumsäure sich schwärzen, wer sagt dann Nussbaum, dass die Schwärzung der Belegzellen gerade auf das Pepsin bezogen werden muss? Warum könnten denn die Belegzellen nicht das von Hammarsten[1]) und Al. Schmidt[2]) entdeckte Labferment oder das sogenannte Säureferment bilden und sich deshalb schwärzen? warum müssen sie denn gerade Pepsinbildner sein?

Diese, wie es mir scheint, nahe liegende Frage regte mich zu einer Reihe von Untersuchungen an, in denen ich quantitativ den Gehalt der Magenschleimhäute an Lab feststellte und ähnlich wie beim Pepsin seine von den Phasen der Verdauung abhängigen Mengen zu bestimmen trachtete.

Die Aufgabe war schneller gelöst, als ich anfänglich glaubte. Fügt man nämlich zu gleichen Quantitäten frischer Milch verschiedene Labmengen (unter sonst gleichen Bedingungen) hinzu, so treten bei geringen Unterschieden in den Fermentmengen doch verhältnissmässig grosse Unterschiede in den Zeiten der Gerinnung ein. Viel Ferment lässt die Milch viel schneller gestehen, als wenig; und umgekekrt kann man aus der Schnelligkeit der Gerinnung einen Rückschluss auf die Quantitäten des thätigen Fermentes machen.

Demgemäss versuchte ich sofort eine Reihe von Extracten in ihrer Fähigkeit die Milch zu coaguliren und es ergab sich, dass die Mengen von Labferment durchaus parallel gehen mit den Pepsinmengen; dass also etwas ganz Analoges statt findet, wie bei den verschiedenen Fermenten der Bauchspeicheldrüse des Hundes.

So zum Beispiel ordneten sich nach ihrem Pepsingehalt die nachstehenden Lösungen, wie folgt: Es erreichten nach 15 Minuten langer Verdauung mit rothem Fibrin

das Extract eines Hungerhundes die Farbe Nr. IV[3]).

„ „ „ Hundes (get. 3 St. nach d. Mahlzeit) d. Farbe Nr. III—IV.

„ „ „ „ „ $6\frac{1}{2}$ „ „ „ „ „ „ „ I.

1) Hammarsten, Ueber die Milchgerinnung etc. Maly's Jahresbebericht etc. Bd. II p. 118.

2) Al. Schmidt, Ein Beitrag zur Kenntniss der Milch. Dorpat 1874.

3) Vergl. hierüber: Neue Untersuchungen etc. p. 7.

Digitized by Google

Das erste Extract enthielt also das meiste, das letzte das wenigste Pepsin.

Mit denselben Extracten werden gleiche Mengen Milch (8 Tropfen auf 5 ccm Milch) vermischt und es ist in Brutwärme geronnen:

Nr. I (Hungerhund) nach 5 Minuten.
Nr. II (3 St. F.) „ 10 „
Nr. III (6½ St. F.) „ 60 „

Nr. III war aber, wie das durchweg bei schwach wirkenden Extracten der Fall ist, noch nicht fest geronnen; die ganze Masse war einem lockeren Gelée ähnlich, während in Gläschen Nr. I ein verhältnissmässig kleiner Caseinklumpen und viel Serum herumschwamm.

Somit wird durch die Menge des Fermentes nicht nur die Geschwindigkeit, sondern auch die Art der Gerinnung in augenscheinlicher Weise beeinflusst. Viel Ferment bildet ein festes, sich stark zusammenziehendes, wenig Ferment ein lockeres und sich sehr langsam contrahirendes Gerinnsel, so dass auch, wenn die Gerinnung schon einige Zeit vorüber ist, man noch aus der Festigkeit und Kleinheit des Gerinnsels und der Menge des ausgepressten Serums einen Schluss auf die Menge des thätig gewesenen Fermentes ziehen kann. Ueberhaupt gleicht dieser ungemein leicht herzustellende Vorgang ungemein jenem höchst interessanten von Alexander Schmidt beschriebenen, der bei der Vereinigung der beiden Fibringeneratoren zu Fibrin durch viel oder wenig Blutferment beobachtet werden kann. Die Schnelligkeit der Contraction des Gerinnsels hängt auch hier von der Menge des Fermentes ab.

Betreffs des Gehaltes der Pylorusschleimhaut an Labferment konnte ich zunächst die Angaben von Hammarsten bestätigen. Der Pylorus enthält viel weniger Labferment, als der Fundus und er enthält es in anderer Form, vielleicht in einer Vorstufe, da Glycerin aus demselben sehr wenig zu extrahiren vermag, während die Salzsäure dies thut. Fügt man daher Glycerinextracte, selbst wenn man sie vorher angesäuert hat, zu Milch hinzu, so tritt die Gerinnung überhaupt so langsam ein, dass man ein Urtheil über die (jedenfalls minimale) Menge des etwa thätigen Fermentes sich nicht erlauben darf. Die Milch an und für sich gerinnt beinahe ebenso schnell. Extrahirt man aber den Pylorus mit Salzsäure und verwendet das so gewonnene Extract entweder für sich oder auf das Genaueste mit schwacher Natronlösung neutralisirt, so treten — wie dies auch Hammarsten[1]) angiebt — deutliche Ferment-

1) l. c. p. 123.

Digitized by Google

wirkungen auf und dieselben gehen im Wesentlichen parallel mit den gleichzeitig constatirten Pepsinwirkungen, wie folgender Versuch zeigt.

Versuch.

Es kommen zur Verwendung die Salzsäureinfuse von 5 Pylorusschleimhäuten. Je 3 Tropfen Infus werden versetzt mit 6 ccm Milch um 12 Uhr 45 Min. und um

3 Uhr 15 Min.	ist fest geronnen		Nr. 5
„ „	weniger	„	Nr. 2
„ „	beginnt die Gerinnung bei		Nr. 4
4 Uhr 30 Min.	ist geronnen		Nr. 3
5 „ 35 „	„	„	Nr. 1

Die entsprechenden Glycerinextracte derselben Pylori ordneten sich nach ihrem Pepsingehalt 5, 2, 4, 1, 3. Die ihnen entsprechenden Zahlen meiner Tabelle waren nach etwa einstündiger Digestion III—IV, III, II—III, I—II und II.

Man wird also mit demselben Recht, mit welchem man die Hauptzellen als Pepsinbildner ansieht, sie auch als Labbildner ansehen müssen; und man wird zu dieser Annahme noch durch folgende Thatsachen hingewiesen. Die Bildung des Labes untersuchte ich nämlich auch bei dem Frosch. Swięcicki hat die Beobachtung gemacht, dass man aus den Osophagusdrüsen dieses Thieres ungemein viel mehr Pepsin zu extrahiren im Stande ist, als aus der nur Belegzellen führenden Magenschleimhaut, die zwar Säure, aber kein Pepsin bildet. Diese Belegzellen, welche sich mit Osmiumsäure viel intensiver färben, als die Ferment bereitenden und Ferment enthaltenden Oesophagusdrüsen, enthalten aber auch dieses Labferment nicht, sondern das Lab wird wie das Pepsin in dem Oesophagus gebildet; Extracte der Oesophagusschleimhaut lassen Milch in Minuten gerinnen, solche der Magenschleimhaut noch nicht nach mehreren Stunden. Ferner gehen Labgehalt und Pepsingehalt auch hier, wie ich dies bereits oben bei der Magenschleimhaut des Hundes constatirte, durchaus parallel. Folgender Versuch illustrirt dieses Verhalten.

Versuch[1]).

Es werden aus den getrockneten, auf Fliesspapier aufgespannten Speiseröhren und Magenschleimhäuten zweier Frösche, von denen der eine einen

1) Alle diese Versuche wurden im Hochsommer gemacht, also zu einer Zeit, in welcher die Milch auch spontan schnell gerinnt.

Digitized by Google

prall gefüllten, der andere einen leeren Magen hatte, entsprechende und gleich grosse quadratische Stücke von etwa 7 mm Seite herausgeschnitten und mit 3 ccm HCl von 0,1 % übergossen. Von diesen Infusen giesst man je 4 Tropfen zu 5 ccm frischer Milch und es ist nach einer Minute geronnen

Gläschen 1, enthaltend das Infus der Speiseröhre vom Hungerfrosch; nach 10 Min.

Gläschen 2, „ „ „ „ „ „ gefütterten Frosch; nach 5 Stunden noch nicht geronnen

Gläschen 3 u. 4, enthaltend die entsprechenden Infuse der Magenschleimhaut.

Nach dem Pepsingehalt ordneten sich die Gläschen 1, 2, 3, 4; die entsprechenden Zahlen waren nach 13 Min. langer Digestion X, VII, I u. 0—I.

Das dritte in der Magenschleimhaut vorhandene Ferment, welches Milchzucker in Milchsäure umsetzt, habe ich bis jetzt quantitativ noch nicht zu bestimmen vermocht. Die namentlich von Al. Schmidt[1]) über diesen Punkt erwähnten Thatsachen lassen mich zwar an der Möglichkeit einer quantitativen Methode noch nicht verzweifeln; indess geschah bei den von mir verwendeten Extracten die Säurung des Milchzuckers immer so langsam, dass ich über die reine Fermentwirkung kein sicheres Urtheil gewinnen konnte.

Ich gelange zum Schluss zu einer dritten Drüse, dem Pankreas. Von Nussbaum scheint vorzugsweise untersucht worden zu sein die Bauchspeicheldrüse des Frosches. Sie soll sich frisch mit Osmiumsäure schwach braun, nach längerem Liegen aber tiefschwarz färben zum Beweise dafür, dass sowie das Pankreas des Hundes erst postmortal Ferment entwickelt, auch im Froschpankreas durch Liegen der Fermentgehalt und demnach die Schwärzung mit Osmiumsäure zunimmt. Ich weiss nicht, ob Nussbaum das Pankreas des Hundes nach dieser Richtung hin (mit Osmiumsäure) untersucht hat. Wie es scheint, hat er es nicht gethan, er hätte auch nicht viel daran gesehen, was zu Gunsten seiner Theorie ausgefallen wäre. Wenigstens habe ich keinen nennenswerthen Unterschied in der Färbung eines frischen Pankreas und eines solchen, welcher längere Zeit gelegen hatte, constatiren können[2]).

Dass aber Nussbaum gerade das Pankreas des Frosches

---

1) l. c. p. 15.

2) Solch ein Unterschied würde auch nicht viel beweisen, da er wohl durch eine Vermehrung des Fermentgehaltes, aber auch durch manches Andere (Säuerung des Gewebes, Zersetzung der Albuminate u. s. w.) bedingt sein kann.

Digitized by Google

zum Beweise seiner Ansichten herangezogen hat, das war eine sehr unglückliche Wahl. Denn dieses Organ wird schon an und für sich, in einem feuchten Raume aufbewahrt, innerhalb 15 Stunden braun bis schwarz; dass es also die Osmiumsäure dann intensiver schwärzt, als ein frisches Organ, ist nicht wunderbar und beweist Nichts. Offenbar ist aber Nussbaum von der Richtigkeit seiner Ansicht so durchdrungen, dass er sie durch experimentelle Beweise an dieser Drüse zu stützen nicht für nöthig findet; denn sonst hätte er jenes Organ nicht gewählt, an welchem er — selbst wenn jene oben erwähnte spontane Schwärzung nicht ein regelmässiges Vorkommen wäre — eine postmortale Steigerung des Fermentgehaltes wegen der Kleinheit des Organs gar nicht nachweisen kann.

Wie der Leser sieht, bin ich also durch meine Untersuchungen in vielen Punkten zu andern Ansichten gelangt, als diejenigen sind, welche Nussbaum sich über die Wirkung der Osmiumsäure auf Ferment bereitende Drüsen gebildet hat. Es wird daher Niemanden Wunder nehmen, dass ich auch bezüglich des Schlusssatzes, den Nussbaum aus seiner Arbeit zieht, eine andere Meinung habe als er. Dieser Schlusssatz lautet, „dass in allen Drüsen durch den Reiz der eingeführten Nahrung der Fermentreichthum gesteigert, durch eine normale Secretion aber nie vollständig erschöpft wird". Indem ich hinzufüge, dass, so weit meine Erfahrungen reichen, dies durch eine abnorme Secretion auch nicht geschieht, halte ich diese Behauptung aus folgenden Gründen für unrichtig.

Das Pepsin und Lab sind beim Hunde und andern Säugethieren in maximaler Menge vorhanden in der Schleimhaut des hungernden Thieres und von den Fermenten des Pankreas gilt im Wesentlichen dasselbe. Wie Heidenhain von dem Trypsin und ich von dem diastatischen und Fettferment gezeigt habe, nimmt die Menge dieser Fermente resp. ihrer Vorstufen während der Thätigkeit der Drüse nicht zu, wie Nussbaum will, sondern sie nimmt ab, so dass ein secernirendes Pankreas (aus der 5. bis 6. Verdauungsstunde) niemals mehr, sondern stets viel weniger Fermente enthält, als das eines Hungerthieres. Damit ist nun keineswegs gesagt, dass zur Zeit der Thätigkeit durchaus keine Bildung von neuem Ferment stattfinde; gebildet wird aller Wahr-

Digitized by Google

scheinlichkeit nach Ferment, es wird nur so schnell ausgeschieden, dass nicht eine Steigerung der in der Drüse befindlichen Fermentmenge, sondern eine Abnahme derselben eintritt. Geht die Ausscheidung zu langsam von Statten, dann tritt vielleicht das von Nussbaum behauptete ein und es wird während der Secretion Ferment nicht bloss gebildet, sondern auch angehäuft. In der That findet dies nach den Untersuchungen von Swięcicki und Partsch bei den Oesophagusdrüsen des Frosches Statt, die sich nicht während des Hungers, sondern während der Verdauungsarbeit des Thieres mit Pepsin laden. Diese einzige Thatsache, welche nebenbei bemerkt von Nussbaum nicht als sicher angesehen wird, „da die von mir bei Säugethieren angestellten Versuche einen ganz andern Modus der Pepsinbildung ergeben haben", könnte als Stütze für seine Behauptung beigebracht werden. Indem also, wie es scheint, Nussbaum meine über diesen Punkt angestellten Untersuchungen nicht für absolut falsch hält, und ihnen einige Beweiskraft einräumt, gelangt er mit Recht zu einem „prinzipiellen Unterschied", welcher zwischen dem Frosch und dem Säugethier in der Fermentbereitung besteht.

Wie aber schon aus dem Versuche auf Seite 119 hervorgeht, enthielt der Magen eines hungernden Frosches mehr Pepsin und Lab, als derjenige eines in voller Verdauung befindlichen. Dieselbe Beobachtung habe ich nun jetzt noch mehrfach gemacht. Wenn man den ganzen Oesophagus des Frosches von seiner muscularis befreit, ihn trocknet, zerkleinert und mit Glycerin extrahirt, so erhält man aus den Schleimhäuten hungernder Thiere viel mehr Ferment, als aus den von gefütterten. Dasselbe konnte ich auch für das diastatische Ferment des Pankreas vermittelst der Paschutin'schen Methode constatiren, so dass ich in der That zwar zu einer Uebereinstimmung mit dem Modus der Fermentbildung an Säugethieren, aber zu einem Widerspruch mit den gleichlautenden Angaben von Swięcicki und Partsch gelangt bin. Aber auch dieser Widerspruch löst sich, wie ich glaube, in Folgendem auf. Swięcicki und Partsch benutzten lediglich Winterfrösche zu ihrer Untersuchung, das heisst Thiere, welche Monate lang gehungert hatten; die Angaben aber, welche ich soeben gemacht, beziehen sich auf Sommerfrösche, in denen eine Menge von physiologischen Vorgängen und, wie ich mich überzeugt habe, auch der Verdauungsprocess, viel intensiver und wahrscheinlich ganz

Digitized by Google

anders verläuft, als bei Thieren, die in Folge langdauernden Nahrungsmangels und des Darniederliegens vieler Functionen in jener Zeit auch keine Fermente produciren werden. —

Untersuchungen, welche ich augenblicklich über diesen Punkt vornehme, dürften binnen kurzem diese Frage lösen und zu einem einheitlichen Modus der Fermentbereitung führen.

(Aus dem physiologischen Institut zu Breslau.)

Folgen der Unterbindung des Pancreasganges bei Kaninchen.

Von

S. Pawlow aus St. Petersburg.

(Hierzu Taf. III.)

In seiner letzten Mittheilung über das Pancreassecret pflanzenfressender Thiere machte Heidenhain[1] die Bemerkung, dass beim Kaninchen der Ausflussdruck dieses Saftes 16—17 mm Quecksilber beträgt. Hieraus zog er den Schluss, dass, wie es bei der Galle geschieht, unter pathologischen Bedingungen, z. B. bei Darmcatarrhen leicht eine Hemmung des Abflusses des Secretes in den Darm und in Folge dessen eine Aufsaugung desselben innerhalb der Drüsengänge stattfinden dürfte. Diese Vermuthung führte zu einer Reihe experimenteller Fragen. Wie verhält sich die Ernährung und das Allgemeinbefinden eines Thieres mit unterbundenem Gange? Dauert die Absonderung nach der Verschliessung fort? Welches sind im Bejahungsfalle die Eigenschaften des Secretes? Welche Veränderungen erleidet die Drüse in ihrem Baue unter dem Einflusse der Stauung? Der Reichthum des Secretes an

1) Dieses Archiv Bd. XIV.

Digitized by Google

Fermenten und die verdauende Energie namentlich des Albuminatfermentes lässt es als möglich erscheinen, dass einerseits der Ausschluss derselben aus dem Darme, andererseits ihr Uebergang in die Säftemasse die Operation für das Thier in hohem Grade bedenklich erscheinen lassen werde. Freilich verringerte sich diese Besorgniss im Hinblicke auf die Wahrscheinlichkeit, dass bei pathologischen Affectionen der Darmschleimhaut, welche durch Verschiessung des choledochus Gelbsucht herbeiführen, gewiss oft auch Stauung und Resorption des Pancreassaftes herbeigeführt werden wird, ohne dass auffällige Symptome Kunde davon geben.

Bei einem für die Erledigung aller jener Fragen zu kurzen Aufenthalte in Breslau nahm ich einige derselben in Angriff. Die Resultate meiner Beobachtungen, welche weitere Fortsetzung erheischen, lege ich im Folgenden vor.

Alle mitzutheilenden Versuche sind ausschliesslich an Kaninchen ausgeführt. Diese Wahl ist hauptsächlich bedingt durch die Leichtigkeit der Unterbindung des Ganges. Bei Hunden ist der obere kleinere der beiden Gänge nur schwer und unter grossen Verletzungen zu finden. Bei Kaninchen wird die Operation in zwei bis vier Minuten rein und ohne Nebenverletzungen ausgeführt. Sie ertragen die Eröffnung der Bauchhöhle leicht und fressen mitunter schon an demselben Tage. Keins der 16 operirten Thiere starb. Das Maximum der Zeit, während der ich die Thiere leben liess, betrug 30 Tage. Innerhalb dieses Zeitraumes stellte sich der Gang niemals wieder her.

Allgemeinzustand des Thieres nach der Unterbindung. Kein Symptom wies bei den Thieren auf eine krankhafte Affection hin. Als Maassstab für das Verhalten der Ernährung diente das Gewicht der Thiere. Es erwies sich, dass eine Abnahme desselben nur in den ersten 2—5 Tagen nach der Operation stattfindet. Darauf erreicht das Gewicht wieder die ursprüngliche Grösse und bleibt unbestimmt lange Zeit im Wesentlichen constant, abgesehen natürlich von kleineren Schwankungen, wie sie auch normale Thiere aufweisen, wenn ihnen Futter in unbegrenzter Menge zur Disposition steht. Ein Unterschied in dem Aussehen des Kothes operirter und nicht operirter Thiere fiel nie auf. Als Beispiel des Verhaltens des Gewichtes mögen folgende Zahlen dienen, welche einem Kaninchen zukommen, das vorzugsweise lange lebend gelassen wurde. Als am 20. Juni der Pancreasgang

Digitized by Google

unterbunden wurde, wog das Thier 2575 grm. In der nächsten Zeit verhielt sich das Gewicht folgendermaassen:

Datum.	Gewicht.	Datum.	Gewicht.
21. Juni	2430 grm	4. Juli	2645 grm
22. „	2105 „	6. „	2485 „
23. „	2425 „	10. „	2490 „
26. „	2435 „	13. „	2685 „
28. „	2723 „	16. „	2680 „
30. „	2610 „	19. „	2525 „
2. Juli	2415 „	20. „	2670 „

Aus diesen Zahlen ergibt sich, dass sich das Gewicht keineswegs stetig in einem bestimmten Sinne, etwa in dem der Abnahme ändert. Die hin und hergehenden Schwankungen rühren von Unregelmässigkeiten der Futteraufnahme her, vorzüglich dadurch bedingt, dass alle Kaninchen in ihrem Stalle aus Furcht zu fressen aufhörten, sobald im Nachbarstalle laute Hunde ihre Ruhe störten.

Absonderung nach der Unterbindung. Es unterliegt keinem Zweifel, dass nach der Unterbindung die Absonderung fortdauert; ich habe sie 30 Tage lang beobachtet. Freilich konnte in drei von sechszehn Versuchen kein Saft erhalten werden. Allein solche negative Beobachtungen sind hier nicht häufiger als bei normalen Thieren, sie sind lediglich Folge von Nebenumständen. Während jedes Versuches nämlich kann man sich oft genug davon überzeugen, in welchem Grade der Ausfluss des Secretes durch die allein anwendbaren dünnen Canülen von mechanischen Ursachen beeinflusst wird. Die kleinste Unregelmässigkeit in der Lagerung der Canüle, welche eine Knickung des Ganges herbeiführt, das kleinste Fetzchen Epithel, welches sich vor die innere Oeffnung der Canüle lagert, verhindern den Ausfluss. Oft nur nach langem Bemühen gelingt es, dem Safte wieder einen freien Weg zu machen. Eine andere nicht minder berücksichtigenswerthe Ursache des Aufhörens der Absonderung ist zu starke Vergiftung mit Curara. Dass dieses Gift gleich zu Anfang des Versuches die Absonderung hemmen kann, geht aus vielen Fällen hervor, in welchen mitten im Versuche an einem Kaninchen, das den Saft gut absonderte, ein nochmaliges Curarisiren die Absonderung definitiv unterbrach. Dass diese Erklärung der negativen Fälle genügend ist, folgt deutlich daraus, dass sie in den Anfang meiner Versuchsreihe fielen, als ich noch nicht die nöthige Umsicht erlangt hatte, und dass sie sich auf Kaninchen beziehen, welche verhältnissmässig kurze Zeit mit unterbundenem Gange gelebt hatten; dagegen gaben im

Digitized by Google

späteren Verlaufe der Versuchsreihe Kaninchen, welche viel länger gelebt hatten, positive Resultate.

Menge und Eigenschaft des erhaltenen Saftes zeigen keinen bedeutenden Unterschied gegenüber dem Secrete normaler Kaninchen. In der oben erwähnten Mittheilung Heidenhain's ist als Maximum die Grösse der Absonderung gleich 0,6—0,7 ccm pro Stunde angegeben. Dieser Werth wurde auch in unseren Versuchen erreicht, freilich nur ein Mal bei einem Kaninchen zwei Tage nach der Unterbindung des Ganges. Meist schwankte die Absonderung zwischen 0,3—0,4 ccm pro Stunde, was ungefähr auch die Durchschnittsgrösse für normale Kaninchen sein wird. Uebrigens kann in Folge der oben erwähnten Schwierigkeiten des Auffangens eine Vergleichung nur annähernden Werth beanspruchen.

Die Einwirkung des Secretes auf Faserstoff wurde immer, die auf Stärke nur zuweilen untersucht. In eilf Fällen von dreizehn fand Lösung des Fibrins statt. In den beiden negativen Fällen war die aufgefangene Menge zu gering, um die Faserstofflösung zu demonstriren, in einem derselben die Flüssigkeit mit Blut gemischt. Beide Fälle betrafen Kaninchen nach kurzer Unterbindungszeit, bei längerer Unterbindungszeit wurde die Wirkung auf Fibrin nie vermisst. Die Stärke der auflösenden Kraft des Saftes ist sehr verschieden bei verschiedenen Kaninchen; die Differenzen sind unabhängig von der Zeit, während welcher der Gang unterbunden war. Aehnliche Schwankungen fand Heidenhain auch in dem Safte normaler Kaninchen. Ueber das Verhältniss der Wirksamkeit des Saftes bei normalen und operirten Kaninchen Bestimmtes zu sagen, reicht die Zahl unserer Versuche nicht aus.

Die diastatische Wirkung auf Stärke wurde, wo sie geprüft worden ist, niemals vermisst.

Zur Charakteristik des Saftes nach der Unterbindung muss noch erwähnt werden, dass er oft gallertartige Klümpchen verschiedener Grösse enthält. Da diese sich aber bei langer Unterbindungszeit (15 Tage und mehr) nicht vorfinden, vielmehr hier der Saft so rein ist wie bei normalen Kaninchen, rühren dieselben wohl von einem Catarrhe der Drüse, namentlich ihres Ausführungsganges, her, der zunächst auf die Unterbindung folgt und später wieder schwindet.

Verhalten der Drüse. Die macroscopischen Veränderungen der Drüse bestanden in den ersten Tagen nach der Unterbin-

Digitized by Google

dung nur in einer augenfälligen erheblichen Ausdehnung der Drüsengänge. Weiterhin wurde eine Verdickung der Wandungen der Gänge bemerklich; noch später, etwa nach dem 20. Tage, erschien das Organ merklich atrophisch. Der Schwund fällt besonders an dem Theile der Drüse auf, welcher flach ausgebreitet zwischen den Mesenterialblättern liegt. Die Läppchen erscheinen hier äusserst dünn und durchsichtig; zugleich treten die verdickten und ausgedehnten Gänge überall stark hervor.

Bei der microscopischen Untersuchung machte die Auswahl der Methode grössere Schwierigkeiten als bei der Drüse des Hundes. Bei weitem am Meisten zu empfehlen ist die Untersuchung ganz frischer Drüsenläppchen ohne allen Zusatz oder in Kochsalzlösung von 0,6 %. Die gebräuchlichen Erhärtungsmittel verursachen meist starke Trübung der äusseren homogenen Zone der Zellen, wodurch das charakteristische Aussehn derselben in hohem Grade beeinträchtigt wird. Am Besten fährt man, wenn man den der Milz benachbarten dickeren Theil der Drüse in absolutem Alcohol erhärtet und die Schnitte, in Picrocarmin gefärbt, in Glycerin untersucht.

Die Durchmusterung zahlreicher Präparate ergiebt nun Folgendes:

Schon zwei Tage nach der Unterbindung findet man die Acini und ihre Zellen erheblich verkleinert, wie ein Blick auf Fig. I und II lehrt. Die erste Fig. stellt frische Acini einer normalen Drüse, ohne Zusatz untersucht, die zweite Acini nach dreitägiger Unterbindung dar. Die Zellen der letzteren Acini weichen aber nicht bloss bezüglich ihrer Grösse, sondern auch bezüglich ihres Aussehens von normalen ab. Während den letzteren ihre homogene Aussen- und körnige Innenzone ein ganz specifisches Aussehen verleiht, ist dies Gepräge an den verkleinerten Zellen in der ersten Zeit nach der Unterbindung verwischt. Die körnige Innenzone ist zum grössten Theile, oft bis auf kleine Reste, geschwunden; dagegen breiten sich dunkle Körnchen längs der einen oder andern Seite der Zelle und an dem der Acinus-Membran zugekehrten Rande mehr oder weniger dicht aus. Diese dunkeln Körnchen sind aber wenigstens zum grössten Theile nicht identisch mit den Körnchen der normalen Innenzone. Denn letztere lösen sich in Spuren von Alkalien, erstere nicht. Ihrem microchemischen Verhalten nach weisen sie sich zum grossen Theile als sehr feine

Digitized by Google

Fetttröpfchen aus. — Weiter fällt an dem Präparate die Anwesenheit zahlreicher Lymphkörperchen in dem interlobulären und interacinösen Bindegewebe auf.

Das letztere wird nun während der nächsten Zeit der hauptsächliche Sitz der anatomischen Veränderungen. Bei genauem Vergleiche der Fig. III, welche ein Alkoholpräparat einer normalen, und der Fig. IV, welche ein ebensolches aus einer Drüse nach 6tägiger Unterbindung darstellt, bemerkt man an dem letzteren schon zwischen den Acinis das Auftreten von deutlichen Zügen Bindegewebes, welche in dem ersteren nicht auffallen. An passenden Präparaten scheint es, dass diese Bindegewebswucherung immer zuerst an den Drüsengängen beginnt. Sie schreitet nun in mehr oder weniger schneller Weise fort; die jungen Bindegewebsmassen treten in breiteren Zügen zuerst zwischen den Läppchen, dann auch zwischen den Acinis auf; bei noch wachsenden Kaninchen geht diese Production schneller vor sich als bei bereits erwachsenen. Das Gewebe ist stets reich an spindelförmigen Körperchen und durchsetzt von Lymphkörperchen, selbst bis zum 30. Tage hin. Bei dieser fortschreitenden Bindegewebsbildung werden nun die Acini comprimirt, und da dabei die gesammte Masse der Drüse atrophirt, muss wohl eine Anzahl von Acinis geradezu zu Grunde gehen. Die fortbestehenden sind durch breite Bindegewebszüge von einander getrennt (Vgl. Fig. V, von einem noch jungen Kaninchen am 9. Tage nach der Unterbindung). Die Zellen der übrigbleibenden Acini haben in den späteren Zeiten nach der Unterbindung meist wieder normales Aussehen, d. h. sie zeigen eine homogene Aussen- und feinkörnige Innenzone, doch verhalten sich beide Zonen wie bei Thieren nach starker Absonderung, d. h. jene ist relativ gross, diese relativ sehr klein oder selbst ganz geschwunden. —

Eine Deutung der Veränderungen der Drüse kann nur sehr allgemeiner Natur sein. In dem Bindegewebe liegt offenbar ein Zustand chronischer Entzündung vor; es spielen sich hier ganz ähnliche Vorgänge ab, wie sie Charcot[1]) an der Leber nach Unterbindung des det. choledochus beobachtet hat. Rührt diese Entzündung nur von der mechanischen Ausdehnung der Gänge durch

1) Archives de physiologie par Brown-Séquard, Charcot, Vulpian. 1876. Pl. IV.

Digitized by Google

das stauende Secret her? Oder wird sie durch die Natur des Secretes bedingt, welches in den Gängen zur Resorption gelangt? Nach unsern Erfahrungen scheint der Stauungsdruck zur Erklärung nicht zu genügen. Denn wir haben bei zwei Hunden den dct. Whartonianus unterbunden und die Unterkieferdrüse nach 6 resp. 12 Tagen untersucht. Es zeigte sich keine Spur von Wucherung des interstitiellen Bindegewebes, obschon ja der Druck, unter welchem die Gänge der Speicheldrüse gedehnt werden, bekanntlich sehr viel grösser ist, als der Druck innerhalb der Pancreasgänge. Somit muss es wohl von der Natur des stauenden und zur Resorption gelangenden Absonderungsproductes abhängen, ob ein entzündlicher Process in dem Bindegewebe angeregt wird oder nicht. Galle und Pancreas wirken als Entzündungsreize, Speichel nicht. Dass es sich bei der interstitiellen Bindegewebswucherung nicht etwa um eine von der Ligaturstelle aus fortgeleitete Entzündung handelt, geht daraus mit Sicherheit hervor, dass an jenem Orte die Bindegewebswucherung nicht stärker auftritt, als an den fern davon gelegenen Theilen der Drüse. —

Die secernirenden Drüsenzellen in den übrig bleibenden Acinis bieten durchaus das Bild anhaltender secretorischer Function: Verkleinerung des Volumens gegenüber normalen Zellen und starke Reduction oder selbst Schwund der körnigen Innenzone, — ein Verhalten, das der Deutung keine Schwierigkeiten bietet. Dagegen ist es uns unmöglich, für das anfängliche Auftreten zahlreicher Fetttröpfchen in den Zellen während der ersten Zeit nach der Unterbindung eine Erklärung zu geben. —

Die Ergebnisse der obigen Versuche regen eine Reihe wichtiger Fragen an. Ganz abgesehen von der zunächst liegenden, wodurch dem Verdauungsgeschäfte die Ausschliessung eines so wichtigen Verdauungssaftes ersetzt wird, — was bei Fleischfressern vielleicht nicht in gleichem Maasse der Fall ist —, tritt als zweite Frage die nach dem Schicksale der resorbirten Fermente, namentlich des Albuminatfermentes, in den Vordergrund. Denn dass bei der stetigen Fortdauer der Absonderung eine stetige Aufsaugung stattfinden müsse, ist nicht zu bezweifeln. Wäre der Pancreassaft roth oder blau, so würden die operirten Thiere rothsüchtig oder blausüchtig werden, wie sie nach Unterbindung des gemeinschaftlichen Gallenganges gelbsüchtig werden. Nun wissen wir aber, dass eine Trypsinlösung oder pancreatischer Saft, unter die Haut

Digitized by Google

gespritzt, ausgebreitete Entzündung und Eiterung veranlasst. Was verhindert das Trypsin nach seiner Absorption in dem Secretionsorgane in dem Körper zerstörende Wirkungen auszuüben? Die Untersuchung dieses Punktes bildete den Ausgang unserer Experimente. Wir sind aber über die oben mitgetheilten nöthigen Vorversuche nicht hinausgekommen, weil diese die ganze Zeit meines nur kurzen Aufenthaltes in Breslau ausfüllten. Ich habe zwar eine Reihe von Experimenten nach der bezeichneten Richtung hin angestellt, indem ich im Anschlusse an die Erfahrungen Podolinski's[1]) von dem Gedanken ausging, das Trypsin möchte durch Reduction innerhalb der Blutbahn seine gefährlichen Eigenschaften einbüssen. Allein wenn ich auch mit einiger Wahrscheinlichkeit annehmen möchte, dass dem wirklich so sei, so stellten sich doch bei den Versuchen solche Verwicklungen und zum Theil Schwankungen in den Resultaten ein, dass ich von ihrer Mittheilung für jetzt noch abzusehen vorziehe.

Erklärung der Figuren auf Taf. III.

(Alle Abbildungen sind bei Hartn. Obj. V mittelst des Zeichenprismas aufgenommen.)

Fig. 1. Acini des normalen Kaninchenpancreas ohne Zusatz.
Fig. 2. Acini nach dreitägiger Unterbindung des Ganges.
Fig. 3. Normales Pancreas, in Alcohol erhärtet, mit Picrocarmin gefärbt.
Fig. 4. Desgl. nach 6tägiger Unterbindung.
Fig. 5. Desgl. nach 9tägiger Unterbindung. Das Thier war noch im Wachsthum, deshalb hier die Bindegewebswucherung schon so stark, wie sie bei erwachsenen Kaninchen erst nach 14—20 Tagen wird.

1) Dieses Archiv Bd. XIII, S. 422.

Digitized by Google

(Aus dem physiologischen Institute zu Breslau.)

Mittheilung zweier einfachen Methoden, den Zuckergehalt der Milch zu bestimmen.

Von

Richard Gscheidlen.

Versetzt man Milch mit Natronlauge und lässt 24 bis 48 Stunden bei gewöhnlicher Temperatur stehen, so theilt sich die Mischung in eine klare rothe Flüssigkeit und ein gelblich weisses Coagulum, das aus Caseïn und Fett besteht. Den nämlichen Effekt erzielt man, wenn man Milch mit Natronlauge kocht; doch scheidet sich dann das Coagulum nicht im Zusammenhange, sondern in Flöckchen aus, weshalb filtriren nothwendig ist. Die Flüssigkeiten unterscheiden sich aber auch dadurch von einander, dass die Verdünnungen der bei gewöhnlicher Temperatur erhaltenen rothen Lösungen stets einen röthlichen Ton bewahren, während die Farbe der Lösungen, die durch Kochen mit Natronlauge erhalten wurde, mehr bräunlich ist und bei der Verdünnung allmälig gelblich wird.

Die rothe bis braunrothe Färbung der Milch bei der Behandlung mit Natronlauge ist allein auf den Gehalt derselben an Milchzucker zurückzuführen, denn weder das Caseïn noch das Albumin, noch die Fette geben mit Natronlauge behandelt röthliche Flüssigkeiten; von dem Milchzucker aber wissen wir seit Heller[1]), dass derselbe mit Aetzalkalien gekocht sich roth bis braunroth färbt. Dass dem so ist, erhellt noch weiter daraus, dass in Milch nach Entfernung obiger Stoffe bei Zusatz von Natronlauge die nämliche Färbung entsteht, die bei Anwesenheit dieser Stoffe in der frischen Milch durch die gleiche Menge Natronlauge

1) Heller. Höchst einfache und sichere Methode zur Diagnose des Zuckers in thierischen Flüssigkeiten; Unterscheidung des Harn-, Milch- und Rohrzuckers. Dessen: Arch. für physiol. und pathol. Chem. und Microscop. Jahrg. 1844. S. 297.

Digitized by Google

hervorgerufen wird. Zugleich aber ersieht man auch, dass die Anwesenheit des Caseïns der Milch, welches durch den Zusatz der Natronlauge in Lösung gehalten wird und das durch Säuren, z. B. Salzsäure, unter Entfärbung der rothen Flüssigkeit abgeschieden werden kann, nicht störend einwirkt.

Die Intensität der Färbung der Milch durch Natronlauge zeigt sich abhängig einmal von dem Gehalte derselben an Milchzucker, dann von der Menge und der Concentration der zugefügten Natronlösung, der Zeit der Einwirkung derselben auf die Milch und der Temperatur, bei welcher diese statt hatte. Es wurde dies durch besondere Versuche ermittelt, in welchen verschiedene Mengen Milch, die Multipla von einander bildeten, durch Zusatz von Wasser auf gleiche Volumina gebracht, mit gleichen oder verschiedenen Mengen Natronlauge versetzt wurden. Die Mischungen blieben entweder bei gewöhnlicher Temperatur 24 bis 48 Stunden stehen oder wurden im Brütofen bei 40° C. gehalten oder im Glycerinbade gleiche Zeit gekocht. Die auf diese Weise erhaltenen Flüssigkeiten bildeten je eine Skala, die sich innerhalb einer bestimmten Concentration abhängig von dem Zuckergehalte und der zugefügten Menge Natronlauge erwies. Um ihre Farbenintensität zu messen, wurden die Flüssigkeiten in planparallele Glaskästchen gebracht und in jedes soviel Wasser gegeben, bis Farbengleichheit eintrat. Den Ausgangspunkt für die Vergleichung bildete je die am geringsten gefärbte Flüssigkeit.

Ich führe keine Tabellen als Belege für das Gesagte an, da die Beobachtungen sich vollständig denen analog erwiesen, die von Vogel[1]) und Paschutin[2]) über das Verhalten des Traubenzuckers gegen Kalilauge gemacht wurden. In Bezug auf die Dauer der Einwirkung der Wärme ist zu bemerken, dass je höher die Temperatur, desto rascher die Färbung der Zuckerlösung bei der Behandlung mit Natronlauge eintritt; werden die Lösungen gekocht, so ist, wenn das Kochen 2 bis 4 Minuten dauert, kein Unterschied in der Intensität der Farbe wahrzunehmen, dauert dasselbe aber

1) Vogel. Methode zur quantitativen Bestimmung des Zuckers im diabetischen Harn. Arch. d. Verf. f. wissensch. Heilk. Bd. I. S. 257. 1865.

2) Paschutin. Einige Versuche mit Fermenten, welche Stärke und Rohrzucker in Traubenzucker verwandeln. Arch. für Anat., Physiol. und wissensch. Med. Jahrg. 1871. S. 316.

Digitized by Google

6 bis 10 Minuten, so beobachtet man, dass die Farbe der Lösungen dunkler wird.

Mit der Feststellung dieser und obiger Befunde war die Möglichkeit gegeben, den unbekannten Gehalt einer Lösung von Milchzucker nach der Behandlung mit Natronlauge durch den Vergleich mit einer ebenso behandelten Lösung von bekanntem Gehalte auf colorimetrischem Wege zu finden oder durch den Spektralapparat, der mit der Vierordt'schen Einrichtung versehen ist, zu ermitteln. Wie man dabei zweckmässig verfährt, ist in nachfolgenden Zeilen enthalten.

Will man den Zuckergehalt der Milch auf colorimetrischem Wege finden, so gilt es zunächst, sich eine Normallösung zu verschaffen. Man bereitet sich eine solche, indem man eine 4—5 % Milchzuckerlösung mit dem nämlichen Volumen Natronlauge von etwa 20 % verdünnt und die Mischung 2 bis 3 Minuten kocht, oder indem man statt des reinen Milchzuckers Milch, deren Zuckergehalt nach Abscheidung der Eiweisskörper nach Hoppe-Seyler oder Ritthausen mittelst der Fehling'schen Lösung genau bestimmt, ebenfalls mit der nämlichen Menge 20 % Natronlauge verdünnt, 2—3 Minuten kocht und durch Asbest filtrirt.

Um nun den unbekannten Gehalt einer Milch an Milchzucker zu finden, misst man sich etwa 10 cbcm derselben ab, fügt ebensoviel Natronlauge von 20 % hinzu, kocht gleiche Zeit wie bei Herstellung der Normallösung und filtrirt. Hierauf misst man je 1 cbcm der so behandelten Milch und 1 cbcm der Normallösung in ein planparalleles Glaskästchen ab und verdünnt diese durch Zusatz von je 4 cbcm Wasser. Bei dem Vergleiche der Farbe beider Flüssigkeiten im durchfallenden Lichte wird sich nun ergeben, falls nicht Normallösung und zu untersuchende Milch gleichen Zuckergehalt besitzen, dass die eine dunkler ist als die andere. Um Farbengleichheit zu erzielen, setzt man zu der dunkleren Lösung so lange Wasser aus einer Preyer'schen Bürette bis Farbengleichheit eintritt. Aus dem Volumen der ursprünglichen Flüssigkeit und der Menge des zugesetzten Wassers bis zum Eintritt der Farbengleichheit berechnet sich dann der Gehalt der Milch an Milchzucker.

Eine Anschauung von der Leistungsfähigkeit der Methode gibt folgender Versuch: verdünnt man je 1 cbcm Milch mit 3 und 4 cbcm Wasser und fügt man zu jeder Mischung ihr gleiches Vo-

Digitized by Google

lumen Natronlauge von etwa 20 %, so erhält man Lösungen, die wenn z. B. der Gehalt an Milchzucker 4 % beträgt, in 1 cbcm. 0,005 und 0,004 gr Milchzucker enthalten. Kocht man nun beide Flüssigkeiten, filtrirt und bringt gleiche Volumina in planparallele Glaskästchen, so wird man einen ganz bemerkenswerthen Unterschied in der Farbe erkennen. Um Farbengleichheit zu erzielen, wird man einige Cubikcentimeter Wasser zu der Flüssigkeit zuzusetzen haben, die 0,005 gr Milchzucker enthält.

Diese Methode der Zuckerbestimmung leidet wie alle colorimetrischen an einem Uebelstande. Sie setzt nämlich eine Zuckerlösung von bekanntem Gehalte als Vergleichsflüssigkeit voraus. Da aber eine solche auf oben angegebene Weise bereitet, sich nicht sehr lange hält, so wäre diese häufig frisch anzufertigen. Dem kann aber dadurch abgeholfen werden, dass man statt der Vergleichsflüssigkeit ein geeignet gefärbtes gelbes Glas sich wählt, welches der Farbe einer mit Natronlauge bestimmte Zeit gekochten Milch von bekanntem Zuckergehalte in 1 cm dicken Schicht entspricht. Man erlangt auf diese Weise ein für allemal ein Verpleichsobject, das stets zur Hand ist. Die Methode gewinnt dadurch wesentlich an allgemeiner Brauchbarkeit.

Hat man die Farbe des Glases mit einer Zuckerlösung von bekanntem Gehalte und 1 cm Dicke der Schicht verglichen und berechnet man den gefundenen Werth auf 100 cbcm, so findet man den Zuckergehalt einer Flüssigkeit, wenn man in beschriebener Weise verfährt, procentisch aus der Gleichung

$$x = 2\,(n + 1).\,y,$$

in welcher x den gesuchten Zuckergehalt, n die Anzahl der zur Verdünnung verwandten Cubikcentimeter, y den procentischen Gehalt der Normallösung bei 1 cm Dicke der Schicht resp. der gelben Glasplatte anzeigt.

War es z. B. nöthig, zu 1 cbcm der zu gleichen Theilen mit Natronlauge verdünnten und gekochten Milch 6 cbcm Wasser zu setzen bis die Flüssigkeit die gleiche Farbe wie die gelbe Glasplatte hatte und entspricht der Farbe der Platte ein Zuckergehalt von 0,307 %, so ist der Procentgehalt der Milch an Michzucker

$$= 2\,(6 + 1).\,0{,}307$$
$$= 4{,}298.$$

Nachfolgende Tabelle enthält Milchzuckerbestimmungen, die einmal nach der Methode von Fehling, dann mittelst des eben geschilderten colorimetrischen Verfahrens bestimmt wurden.

Digitized by Google

Versuch	Fehling'sche Methode	Colorimetrische Methode
I.	4,73	4,80
II.	4,76	4,78
III.	4,76	4,81
IV.	4,70	4,70
V.	4,49	4,54
VI.	4,49	4,50

Der Zuckergehalt der Milch kann nach der Behandlung mit Natronlauge wie auf colorimetrischem Wege, so auch durch den Spektralapparat, der mit der Vierordt'schen Einrichtung versehen ist, ermittelt werden.

Zu dem Zwecke ist es zunächst nöthig, den Exstinctionscoëfficienten sowie das Absorptionsverhältniss, wie Vierordt[1]) sich ausdrückt, der mit Natronlauge behandelten Milch von bekanntem Zuckergehalte ein für allemal festzustellen. Hat man dieselben einmal ermittelt, so ist es leicht, den unbekannten Gehalt einer mit Natronlauge behandelten Milch an Milchzucker aus dem jeweiligen Exstinktionscoëfficienten abzuleiten. Derselbe ergibt sich aus der Gleichung

$$c = A \cdot a,$$

bei der c den zu ermittelnden Gehalt, A das Absorptionsverhältniss und a den Exstinktionscoëfficienten bezeichnet.

Bevor ich zur Anwendung der Vierordt'schen Methode schritt, untersuchte ich eingedenk der Mahnung von Korniloff[2]) die Leistungsfähigkeit meines Auges, indem ich die beiden über einander liegenden Spaltöffnungen des Spektralapparates abwechselnd erweiterte und sie dann genau gleich lichtstark zu machen suchte. Die Breite des einen Eintrittspaltes blieb stets gleich; sie entsprach der einmaligen Umdrehung einer Mikrometerschraube, die mit einer in 100 Grade getheilten Messtrommel versehen war. Die Grösse der Abweichung von 100° entsprach dem bei der Ablesung begangenen Fehler, der unmittelbar abgelesen werden konnte. Als Lichtquelle diente eine gleichmässig brennende Petroleumlampe. Bei der Untersuchung der verschiedenen Regionen des Spektrums stellte sich nun bei mir heraus, dass ich bei dem Bestreben, beide Spaltöffnungen gleich zu machen, wenn der übrige Theil des Spek-

1) Vierordt. Die Anwendung des Spektralapparates zur Photometrie der Absorptionsspektren und zur quantitativen chemischen Analyse. S. 26. 1873.

2) Korniloff. Vergleichende Bestimmungen des Farbstoffgehaltes im Blute der Wirbelthiere. Zeitschr. f. Biolog. Bd. 12. S. 516. 1876.

Digitized by Google

trums abgeblendet war, im Grün die geringsten Fehler machte. Die Bestimmung der Menge des Milchzuckers in der mit Natronlauge behandelten Milch auf spektral-analytischem Wege nahm ich deshalb stets im Grün vor. Dieselbe geschah in folgender Weise:

Nachdem die obere Spaltöffnung so eingestellt war, dass sie durch eine einmalige Umdrehung der Trommel vollständig verdeckt wurde, wurde die Milch mit Natronlauge gekocht, durch Asbest filtrirt und in einem planparallelen Trögchen von 1 cm Breite vor die untere Spalte des Spektralapparates gebracht. Nun wurde so lange an der oberen Messtrommel gedreht, bis beide Spektra nach meinem Dafürhalten gleich lichtstark waren und der Stand der Trommel notirt. Hierauf wurde die Spaltöffnung ganz zugedreht und allmählig erweitert bis die beiden Spektra wieder gleich lichtstark waren und abermals der Stand der Trommel notirt. Das Mittel aus diesen beiden Ablesungen, die indessen stets mehreremale wiederholt wurden, ergab die übrig gebliebene Lichtstärke. Daraus wurde das Absorptionsverhältniss sowie der Exstinktionscoëfficient bei jeder einzelnen Bestimmung berechnet und dann weiter der Gehalt der Milch an Zucker aus obiger Formel abgeleitet.

Die mittelst dieser Methode erhaltenen Werthe enthält nachfolgende Tabelle. Zum Vergleiche sind die Werthe, die einestheils auf colorimetrischem Wege, anderntheils nach Abscheidung der Eiweisskörper mittelst der Fehling'schen Lösung erhalten wurden, beigefügt.

Versuch.	Methode von Fehling.	Colorimetrische Methode.	Spektralanalytische Methode.
I.	4,73	4,80	4,77
II.	4,76	4,78	4,72
III.	4,76	4,81	4,82
IV.	4,70	4,70	4,64
V.	4,49	4,54	4,54
VI.	4,49	4,50	4,54

Der Vergleich der auf colorimetrischem Wege, mittelst des Spektralapparates und der Fehling'schen Lösung erzielten Werthe ergibt nahe Uebereinstimmung.

Es bleibt noch übrig, die Leistungsfähigkeit der beiden beschriebenen Methoden mit denen zu vergleichen, die zur Bestimmung des Milchzuckers der Milch am häufigsten in Gebrauch sind. Zu dem Ende bestimmte ich den Zuckergehalt der Milch nach der

Digitized by Google

Methode von Haidlen, mittelst des Circumpolarisationsapparates und der Fehling'schen Lösung nach den von Boudet und Boussingault, Hoppe-Seyler und Ritthausen angegebenen Verfahrungsweisen.

Die Methode der Milchzuckerbestimmung von Haidlen[1]) besteht bekanntlich darin, dass man Milch mit Gyps vermischt zur Trockene verdampft, den Rückstand mit Aether auszieht und das, was in Aether unlöslich geblieben, so lange mit Spiritus von 0.85 spec. Gew. behandelt, als derselbe noch etwas aufnimmt. Hat man die in Angriff genommene Milchmenge zu Anfang bestimmt und den Rückstand nach der Extraction desselben mit Aether gewogen und wiegt man denselben nach Behandlung mit Spiritus wieder, so giebt der Gewichtsverlust die Menge des Milchzuckers und der in Spiritus löslichen Salze an.

Das Verfahren ist umständlich und giebt, da die Salze der Milch, die in Alkohol löslich sind, den Milchzuckergehalt vermehren, zu hohe Werthe. Genauer werden natürlich die Resultate, wenn man die Menge der durch den Alkohol ausgezogenen Salze durch Einäschern bestimmt und hiernach das zuerst ermittelte Gewicht corrigirt. In der weiter unter folgenden Tabelle ist diese Correktur an den gefundenen Milchzuckermengen vorgenommen.

Die Bestimmung des Milchzuckers der Milch durch Circumpolarisation geschieht am besten nach der von Hoppe-Seyler[2]) angegebenen Vorschrift. Dieselbe besteht darin, dass man Milch mit dem halben Volumen einer wässrigen Lösung von Bleiacetat von 1.080 spec. Gew. versetzt, das Gemisch in einem Kolben zum Kochen erhitzt und rasch filtrirt. Das Filtrat ist dann meist klar, fast wasserhell. Wird dieses in einen Soleil-Ventzke-Hoppe-Seyler'schen Polarisationsapparat gebracht, so giebt die beobachtete Drehung mit 1.44 multiplicirt den Procentgehalt der Milch an Milchzucker bei 1 dec. Länge der Flüssigkeitsschicht an. Eine Irrung von 0.1 Skalentheil bringt, wie man sieht, schon eine Differenz von 0.144 % mit sich. Nach diesem Verfahren wurden die in der unten folgenden Tabelle verzeichneten Werthe erhalten, die das Mittel aus mehreren Bestimmungen bilden.

1) Haidlen. Ueber die Salze und die Analyse der Kuhmilch. Annal. der Chem. und Pharm. Bd. 45 S. 273, 1843.

2) Hoppe. Bestimmung des Milchzuckergehaltes der Milch mittelst des Soleil-Ventzke'schen Polarisationsapparates. Virchow's Archiv Bd. 13, S. 276, 1858.

Digitized by Google

Mittelst der Fehling'schen Lösung erzielt man nur dann genaue Resultate, wenn die Eiweisskörper der Milch vollständig entfernt sind, wie dies von Hoppe-Seyler[1]) oder jüngst von Ritthausen[2]) angegeben wurde. Bestimmt man den Zuckergehalt der Milch direkt mittelst der Fehling'schen Lösung, wie Boudet und Boussingault[3]) vorschlugen, so erhält man fehlerhafte Resultate trotz der Versicherung dieser Forscher, dass man in der unverdünnten Milch den Zuckergehalt mittelst der Fehling'schen Lösung ebenso genau bestimmen könne, als nach Abscheidung dieser Stoffe.

Versuch.	Methode von Haidlen.	Methode von Boudet und Boussingault.	Fehling'sche Lösung.	Polarationsapparat.	Colorimetrische Methode.	Spektralanalytische Methode.
I	—	4,16	4,73	4,46	4,80	4,77
II.	—	4,04	4,76	4,84	4,78	4,72
III.	4,70	4,32	4,76	4,70	4,81	4,82
IV.	4,72	4,52	4,70	4,04	4,70	4,64
V.	4,42	3,94	4,49	4,89	4,54	4,54
VI.	4,48	4,28	4,49	4,70	4,50	4,54

Aus dieser Tabelle ersieht man, dass der Zuckergehalt der Milch mittelst der colorimetrischen Methode oder mittelst des Spektralapparates bestimmt mit der Fehling'schen Methode übereinstimmendere Resultate giebt, als mittelst der Methode von Boudet und Boussingault oder mittelst des Circumpolarisationsapparates zu erreichen sind. Beide hier mitgetheilten Methoden empfehlen sich durch ihre Einfachheit und rasche Ausführbarkeit zu allgemeiner Anwendung, um so mehr, da sie nur wenig Material erfordern. Als Beleg für diese Behauptungen führe ich die Bestimmung des Zuckergehaltes der Milch von Wöchnerinnen an, welche sich im Beginn der Lactation befanden; Bestimmungen des Zuckergehaltes solcher Milch liegen wenig vor. Das Material zu diesen Versuchen verdankte ich der Freundlichkeit des Herrn Dr. Alberts, Assistenten an der hiesigen gynäkologischen Klinik. Die von mir

1) Hoppe-Seyler, Handbuch der physiolog. und pathologisch-chemischen Analyse. S. 367, 1870.

2) Ritthausen, Neue Methode zur Analyse der Milch und über ein vom Milchzucker verschiedenes Kohlehydrat in der Milch. Journ. f. pract. Chem. N. F. Bd. 15, S. 329, 1877.

3) Boudet, Note sur le dosage de la lactine dans le lait. Journ. de pharm. et de chimie, III. Sér. T. XXXIII. S. 416. 1858.

Digitized by Google

ermittelten Werthe in 100 Theilen Milch enthält nachfolgende Tabelle.

Alter der Wöchnerin.	Zeit nach der Geburt in Stunden.	Zahl der Geburten.	Zucker colorimetrisch bestimmt.	Zucker spektralanalytisch bestimmt.
18	2	1	3,438	3,424
28	45	2	4,297	—
23	74	2	3,070	—
23	78	2	3,684	3,604
28	130	1	4,420	4,450

Aus dieser Tabelle geht hervor, dass der Zuckergehalt der Frauenmilch einige Tage nach der Geburt geringer ist als in späterer Zeit, wo er nach Brunner[1]) etwas mehr als 6 % beträgt. Diese Beobachtung steht im Widerspruch zu der allenthalben citirten Angabe Simon's[2]), dass der Zuckergehalt der Frauenmilch nach der Geburt abnimmt, im Einklange jedoch mit dem Befunde von Crusius[3]) bei Kühen, dass der Gehalt der Milch an Zucker nach dem Kalben allmählig bis zu einer constanten Grösse zunimmt.

Ueber die Secretion der Niere.

Von

Dr. **Moritz Nussbaum.**

Für die Bowman'sche Theorie hat Heidenhain wichtiges Beweismaterial geliefert durch planmässig ausgeführte Injectionen von indigschwefelsaurem Natron in das Blut lebender Säugethiere. Eine unbefangene Kritik wird aber zugeben müssen, dass bis heute die Theorie Bowman's noch nicht als unumstösslich richtig gelten kann. Wollte man mit Sicherheit den Antheil an der

1) Brunner. Ueber die Zusammensetzung der Frauenmilch. Dieses Archiv Bd. 7 S. 453, 1873.

2) Simon. Die Frauenmilch nach ihrem chemischen und physiologischen Verhalten. S. 52, 1838.

3) Crusius. Ueber einige Veränderungen der Kuhmilch in deren Zusammensetzung und Nahrungswerth während der ersten Melkzeit. Journ. f. prakt. Chem. Bd. 68 S. 7, 1857.

Digitized by Google

Nierensecretion für jedes der beiden in Frage kommenden Elemente — Glomerulus und Epithelien — bestimmen, so wäre dazu erforderlich, am lebenden Thier aus der übrigens intacten Circulation in der Niere die Glomeruli auszuschalten und durch Injection verschiedener Stoffe in's Blut des Versuchsthieres verschiedenartige Harnsecretion zu Wege zu bringen.

Man muss nämlich wissen, dass wie Heidenhain gefunden, nach Injection von indigschwefelsaurem Natron dieses Salz zwar in die Harnkanäle abgesetzt wird, dass aber keineswegs durch die Injection dieses Stoffes die Wasserausscheidung wieder in Gang kommt, wenn sie durch Herabsetzung des Blutdrucks aufgehoben war; während bekanntlich unter gleichen Bedingungen nach Harnstoffinjection (Ustimowitsch) von Neuem grosse Wassermengen durch die Nieren ausgeschieden werden.

Mit Recht weist Heidenhain darauf hin: „dass das Wasser, welches unten diesen Umständen (Harnstoffinjection) in der Niere zu Tage kommt, aus anderer Quelle fliesst, als das unter normalen Bedingungen den Kapseln entströmende." — „Ist es nicht wahrscheinlicher", fährt er kurz darauf fort, „dass die hier abgegebene Wassermenge unter Umständen, welche die secernirenden Elemente zu aussergewöhnlicher Thätigkeit anregen, erheblich steigen könne, als dass der einmal unwirksame Blutdruck durch die Anwesenheit gewisser chemischer Substanzen im Blute wieder wirksam werde? Doch es ist vielleicht zu voreilig, diese Frage auch nur aufgestellt zu haben".

Die zur Lösung dieser Frage führende und oben präcisirte Aufgabe liess sich, wie leicht einzusehen ist, am Säugethier nicht durchführen; da hier sowohl die Vasa afferentia der Glomeruli als die Arteriolae rectae aus der Nierenarterie entspringen: eine Ausschaltung der Glomeruli also nicht denkbar ist.

Dagegen war das bei den Amphibien zuerst von Jakobson behauptete Vorkommen einer Nierenpfortader verlockend, den Frosch zum Versuchsthier zu wählen. Denn wenn auch Hyrtl, einer der erfahrensten Anatomen auf dem Gebiete der Injectionen, dieser Vene die Dignität einer Pfortader abspricht, so war nichtsdestoweniger die Thatsache festzuhalten, dass dies Gefäss — selbst wenn es für gewöhnlich das Blut aus der Niere ableitete — bei abgesperrter arterieller Zufuhr von den Nierenarterien her aus

Digitized by Google

dem Capillarbezirk der Rumpfwand, der Geschlechtsdrüsen und der Hinterextremitäten Blut erhalten würde. Man kann sich ausserdem leicht davon überzeugen, dass bei einer künstlichen Injection der Niere unter niederem Druck von der Vena abdominalis anterior her die Injectionsmasse durch die Vena cava inferior abfliesst.

Ehe ich an die experimentelle Prüfung ging, gelang es mir noch an der lebenden Tritonenniere den Kreislauf zu beobachten, die sogenannte Nierenpfortader als solche und die Unabhängigkeit der Circulation in den Glomerulis von der im Capillarbezirk um die Harnkanäle herum zu erkennen. Breitet man nämlich die Vorniere männlicher Tritonen seitlich vom lebenden Thier auf einem passenden Objectträger aus, so zeigt sich mit überraschender Klarheit, dass das Capillarsystem, welches die Harnkanäle umspinnt, aus der Vena portarum renis und aus dem Vas efferens der Glomeruli gespeist wird. Die Circulation hört nicht auf, wenn, wie dies oft geschieht, die Blutbewegung im Glomerulus stockt. Rückläufige Bewegung von den Capillaren in den Glomerulus hinein wird nicht beobachtet. Das Blut wird ausschliesslich in die Vena cava inferior abgeleitet.

Demgemäss unterband ich grossen kräftigen Exemplaren von Rana esculenta die Nierenarterien und liess den Frosch durch die Vena abdominalis anterior aus einer zur passenden Canüle ausgezogenen dünnen Glasröhre 2 ccm einer kalt gesättigten Lösung indigschwefelsauren Natrons sich in den Kreislauf einpumpen.

Die Thiere wurden von 2 bis zu 24 Stunden nach der Operation am Leben erhalten.

Die Correctheit der Unterbindung und die Aufhebung der Circulation in den Glomerulis wurde auf folgende Weise constatirt.

Sollte der Versuch abgebrochen werden, so wurde der Frosch, nachdem ihm nochmals 2 bis 2,5 ccm indigschwefelsaurer Natronlösung in den Kreislauf gebracht worden waren, sofort in absolutem Alkohol getödtet. Während bei offenen Nierenarterien sich gelegentlich der mikroskopischen Untersuchung der erhärteten Niere die Glomeruli mit dem Pigment erfüllt zeigen, bleiben sie bei einer guten Unterbindung aller Nierenarterien frei davon; man findet alsdann nur in den Capillaren um die Harnkanäle den blauen Farbstoff.

Der zuerst einverleibte Farbstoff ist schon in die Harnkanäle übergegangen; er zeigt sich bei correctem Verschluss der Nierenar-

Digitized by Google

terien aber nur in den an der dorsalen Fläche der Nieren gelegenen sogenannten zweiten Abschnitten der Harnkanäle; die übrigen Abschnitte sind absolut frei davon. Dem entsprechend ist die Blase leer — der Anus war jedesmal zu Beginn des Versuches, nach Entleerung der Blase mittels Catheters, sorgfältig verschlossen worden. —

Wurden dagegen Fröschen mit unterbundenen Nierenarterien 1 bis 1,5 ccm einer 10 % Harnstofflösung durch die Vena abdominalis anterior in den Kreislauf einverleibt, so fand sich bei verschlossenem Anus die vor dem Versuch entleerte Blase nach 2 bis 3 Stunden gefüllt. Auch hier ergab die der Tödtung des Thieres voraufgeschickte Selbstinjection des Blutgefässsystems mit indigschwefelsaurem Natron, dass die Nierenarterien gut unterbunden waren. Das um die Harnkanäle gelagerte Capillarnetz war prachtvoll blau injicirt, während in die Glomeruli kein Farbstoff eingedrungen war.

Eine zweite Reihe von Versuchen möge hier ihren Platz finden.

Bringt man frisch eingefangene Exemplare von Rana platyrhinus in's Wasser, so beginnt, weil die Wasserausscheidung von der äusseren Haut gehemmt ist, alsbald eine excessive Wasserausscheidung durch die Nieren, während bei einem Aufenthalt im Trocknen die Blase für längere Zeit ungefüllt bleibt.

Die Wiederholung des Versuchs nach Unterbindung der Nierenarterien zeigt, dass diese Secretion wesentlich durch die Glomeruli geleistet wird; indem nun nach Ausschaltung derselben auch im Wasser die Blase des Frosches leer bleibt. Dass trotz der Unterbindung die Zellen weiter secerniren können, wenn ihnen nur das nöthige Material geboten wird, ergiebt sich aus der Art der Ausscheidung des indigschwefelsauren Natrons, welche bei unterbundenen Nierenarterien stets ohne Beigabe merklicher Wassermengen erfolgt, gleichgültig, ob der Frosch im Trocknen oder in Wasser aufbewahrt wird.

Ebenso zeigt der Erfolg einer Injection von 1 bis 1,5 ccm einer 10 % Harnstofflösung ins Blut, dass eine wässrige Harnsecretion auch ohne Zuthun der Glomeruli erfolgen kann. Stets beginnt auch auf dem Trocknen bald eine stark wässrige Secretion, gleichgültig, ob die Nierenarterien unterbunden waren oder nicht.

Somit ergiebt sich

1. Der Harnstoff wird durch die Zellen der Harn-

Digitized by Google

kanäle ausgeschieden. Für das indigschwefelsaure Natron lässt sich sogar der Complex der bei der Secretion betheiligten Drüsenzellen genau abgrenzen.

2. Die Wasserabscheidung durch die Niere ist nicht allein vom Blutdruck, sondern auch von der Beschaffenheit der aus dem Blute auszuscheidenden festen Bestandtheile abhängig. Soweit der Blutdruck sie beherrscht erfolgt sie durch die Glomeruli; im Uebrigen aber durch die Thätigkeit der Nierenepithelien.

Hiermit ist zugleich die Erklärung für das sogenannte harnfähige Verhalten der von Ustimowitsch, Heidenhain und Grützner experimentell geprüften Agentien, des Harnstoffs, des harnsauren Natrons und des Salpeters gegeben. Diese Stoffe führen auf ihrem Wege durch die Nierenepithelien mehr Wasser mit sich als beispielsweise das indigschwefelsaure Natron.

Im kommenden Frühjahr gedenke ich an frischem Material diese Versuche wieder aufzunehmen und behalte mir weitere Mittheilungen über den Ort der Ausscheidung des ungeformten Eiweisses bei der Albuminurie und des von Wittich geprüften Carmins vor.

(Aus dem Laboratorium des Hrn. Prof. A. Gruenhagen in Königsberg i. Pr.)

Ueber die Secretion des humor aqueus in Bezug auf die Frage nach den Ursachen der Lymphbildung.

Von

Cand. med. **Joseph Chabbas** aus Wilna in Russland.

Unter den Arbeiten, durch welche Ludwig und seine Schüler unsere Kenntnisse über die Bedingungen der Lymphsecretion bereichert haben, dürfen zwei auf ein ganz besonderes Interesse Anspruch machen, weil durch dieselben ein für die Lymphsecretion bisher für sehr wesentlich gehaltenes Moment nahezu ganz in Frage gestellt wird. Man hatte bis dahin sich ziemlich allgemein gedacht, dass die Lymphe ihrem Ursprunge nach auf die durch die Blut-

Digitized by Google

capillarwandungen filtrirende Blutflüssigkeit zurückzuführen sei und consequenterweise geschlossen, dass alle Momente, welche den Blutdruck in den Capillaren erhöhen könnten, auch eine Steigerung der Lymphsecretion bewirken müssten. Ganz im Gegensatze dazu haben aber Paschutin[1]) und Emminghaus[2]) für die Armlymphe des Hundes gefunden, dass die Zunahme des arteriellen Blutdrucks, durch welche selbstredend auch derjenige der Capillaren wachsen muss, den zu erwartenden Einfluss auf die Lymphbildung nicht besitzt, d. h. die letztere in keinem merklichen Grade vermehrt. Die Richtigkeit der Beobachtungen, auf welche sich diese auffällige Angabe stützt, wird nicht anzufechten sein. Indessen wird wohl gefragt werden dürfen, ob den Behauptungen von Paschutin und Emminghaus eine ganz allgemeine Gültigkeit zuerkannt werden müsse, und es wird sich demnach vor allem darum handeln, andere Stellen des Körpers aufzusuchen, in welchen die Lymphsecretion in einem möglichst einfachen und leicht zu übersehenden Stromgebiete erfolgt, und hier die Beobachtungen des Leipziger Instituts zu wiederholen. Ein solcher Ort scheint nun gegeben in dem Lymphraume der vorderen Augenkammer, deren Inhalt wohl unbedingt als Lymphe angesprochen werden darf. Zur Begründung dieser Annahme darf vorläufig ganz von den anatomischen Verhältnissen abgesehen werden, welche G. Schwalbe[3]) in durchaus zutreffender Weise erläutert hat, wie hier beiläufig gegen die Angriffe Leber's[4]) bemerkt werden mag; es genügt zwei Punkte hervorzuheben, welche chemischerseits dafür geltend gemacht werden können. Der erste Umstand, welcher Lymphe und humor aqueus in nahe Beziehung zu einander stellt, ist die Thatsache, dass beide Flüssigkeiten, wenigstens bei gut genährten Thieren, normalerweise Zucker enthalten, der zweite, dass die dem Kammerwasser fehlenden Eigenschaften der Lymphe, d. i. der reichliche Eiweissgehalt und die spontane Coagulationsfähigkeit, sofort zur Erscheinung gelangen, wenn man den Gegendruck aufhebt, unter welchem die Secretion des humor aqueus der Regel nach erfolgt,

1) Paschutin: Berichte d. königl. sächs. Gesellsch. d. Wissensch. zu Leipzig. Mathem.-phys. Cl. Band XXV. p. 95.

2) H. Emminghaus: Ebenda Band XXV. p. 396.

3) G. Schwalbe, Max Schultze's Archiv f. Mikroskopische Anatomie. Band VI. p. 1 und p. 261.

4) Leber, Arch. f. Ophtalm. Bd. XIX. 2. Abth. p. 87—185.

Digitized by Google

d. h., wenn man ihn nach aussen ableitet und frei abströmen lässt. Zucker ist als constanter Bestandtheil des humor aqueus bei Kaninchen, Hunden und Katzen anzutreffen. Bei den grossen Wiederkäuern, deren Augen jederzeit ganz frisch vom Schlachthofe beschafft werden konnten, gelang uns der qualitative Zuckernachweis mit Ausnahme eines einzigen Falles nicht, ebenso auch nur zweimal unter 7 Fällen in dem Kammerwasser menschlicher Augen, von welchen die einen einem wenige Stunden vor der Entleerung an Phthisis verstorbenen jungen Manne, die andern einem an einem Gehirnleiden verstorbenen Manne von mittlerem Alter angehörten. Es wäre möglich, dass diese negativen Ergebnisse auf die Nahrungsentziehung zurückzuführen sind, der das Schlachtvieh vor seinem Tode in der Regel ausgesetzt ist, und der auch diejenigen Personen in Folge ihrer Krankheit gewöhnlich unterworfen sind, deren Augen nach erfolgtem Tode untersucht werden können. Sicher ist, dass der Zucker bei Kaninchen, welche über 48 Stunden gehungert haben, aus dem humor aqueus verschwindet. In Bezug auf die Gerinnungsfähigkeit des letzteren ist zu bemerken, dass sich dieselbe am schnellsten und kräftigsten bei Kaninchen und Hunden, am langsamsten und spärlichsten bei Katzen entwickelt. Hieraus ist ohne Weiteres klar, wesshalb gerade die letztgenannte Thierart bei Versuchen über die Secretion des humor aqueus vor allen anderen den Vorzug verdient.

Bevor wir aber zur Darlegung der von uns gewonnenen Resultate schreiten, möchten wir nur noch mit einigen Worten des Instruments gedenken, dessen wir uns bei den vorliegenden Untersuchungen bedient haben. Dasselbe bestand aus einem Troicart, dessen Lumen durch ein Stilet genau verschlossen war. Das eine Ende des letzteren ragte ein wenig aus der Troicart-Röhre hervor, war zugeschärft und dadurch zum Einstechen in die vordere Augenkammer vorbereitet. Die Breite des Troicart betrug 1,7 Mm., die Höhe 0,5 Mm., woraus also hervorgeht, dass derselbe im Allgemeinen, was in Bezug auf die Versuchstechnik von Wichtigkeit ist, einen elliptischen Querschnitt, keinen runden besitzt. Auf dem Troicart war in 31 Mm. Entfernung vom Einstichsende ein verticales Ansatzrohr von 18 Mm. Länge aufgelöthet, in welches ein rechtwinklig gebogenes Glasrohr mittelst einer luft- und wasserdicht schliessenden Schraubenvorrichtung so befestigt war, dass das kürzere 27 Mm. messende verticale Stück desselben in der unmittelbaren Verlän-

Digitized by Google

gerung des Ansatzrohres lag, das längere mit einer Millimeter-Scala versehene dagegen horizontal abbog. Ersteres, welches wir Steigrohr nennen wollen, nebst dem sich unterhalb anschliessenden metallenen Ansatzrohr des Troicarts bedingte, dass die Secretion des Kammerwassers unter einem constanten, wenn auch im Verhältniss zur Norm immerhin sehr geringen Gegendruck von 18+27 = 45 Mm. vor sich gehen musste. Letzteres, welches der Kürze halber als Ausflussrohr bezeichnet werden mag, maass in einem der von uns benutzten Instrumente 210 Mm., in dem zweiten 140 Mm. In dem ersten Ausflussrohre entsprachen 60 Mm. Länge einem Inhalt von 0,05 Ccm. Im zweiten enthielt eine Strecke von nur 22 Mm. das gleiche Volumen Flüssigkeit. War der Apparat in die vordere Kammer eingeführt worden, was stets ohne grosse Mühe gelang, so wurde derselbe mittelst passend angebrachter Haltvorrichtungen befestigt und die Geschwindigkeit der Secretion des humor aqueus entweder dadurch bestimmt, dass wir ablasen, in welcher Zeiteinheit eine gewisse Zahl von Millimetern innerhalb der nur theilweise angefüllten Ausflussröhre durch die vordringende Flüssigkeit zurückgelegt wurde, oder dass wir mit Hülfe einer Secundenuhr ermittelten, welche Zeit zur Bildung und zum Abfall eines Tropfens am Ende der ganz gefüllten Ausflussröhre erforderlich war. Die Tropfen wurden in kleinen graduirten Maasscylindern aufgefangen, welche im Ganzen ein Volumen von 0,5 Ccm. enthielten und in 10 gleiche Abschnitte entsprechend 0,05 Ccm. getheilt waren.

Zur Bestimmung der mittleren Ausflussgeschwindigkeit wurden nur diejenigen Daten benutzt, bei welchen eine unbehinderte Secretion stattfand, d. h. bei welchen absolut gar keine Gerinnselbildung in der Ausflussröhre nachweisbar war.

Die Absicht, welche uns bei unseren Versuchen leitete, war, wie wir schon oben kurz andeuteten die: zu ermitteln, ob und welch ein Abhängigkeitsverhältniss zwischen der Grösse des vorhandenen Blutdrucks und der Secretionsgeschwindigkeit des humor aqueus bestände. Um hierüber einen befriedigenden Aufschluss zu erhalten, würde es genügen, den Blutdruck auf beliebige Art, aber in genau vorauszubestimmender Weise abzuändern und gleichzeitig die etwa auftretenden Schwankungen der Secretion des Kammerwassers zu controliren. Soll diese Aufgabe experimentell möglichst vollständig gelöst werden, so müssen wir zwei verschie-

Digitized by Google

dene, zu dem gleichen Ziele führende Wege nach einander einschlagen, das heisst, die Kreislaufs-Verhältnisse in dem Versuchsthiere bald so modificiren, dass ein Sinken, bald so, dass ein Ansteigen des Blutdrucks im Gefässsystem mit Gewissheit vorausgesetzt werden darf. Eine Aenderung des Blutdrucks in erstgedachtem Sinne erzielt man am bequemsten, wie wir fanden, durch eine tiefe Chloralnarcose, während welcher der Blutdruck nach Heidenhain's [1]) Versuchen bekanntlich tief unter die Norm herabsinkt. Um den Druck im arteriellen Gefässsystem zu steigern, standen zwei Wege zu Gebote, entweder die Aorta descendens oberhalb des Zwerchfells zu unterbinden, oder uns eines Mittels zu bedienen, dessen blutdruckerhöhende Wirkung zweifellos feststeht. Beide experimentelle Methoden sind von uns angewandt worden; zur Durchführung des zu zweit angegebenen Versuchsverfahrens haben wir uns des Nicotins bedient, dessen blutdruckerhöhende Wirkung Surminsky [2]) unter Leitung von Prof. Gruenhagen bereits früher nachgewiesen hat.

Selbstverständlich müssen die Versuchsthiere in allen Fällen bewegungslos gemacht werden, was einerseits durch eine mässige Chloralisirung zu erreichen ist, andererseits aber in den mit Nicotinvergiftung und mit Thoraxeröffnung verknüpften Experimenten einzig und allein durch Curarisirung unter Einleitung künstlicher Respiration erzielt werden kann. In Bezug auf die Herstellung einer zweckentsprechenden Chloralnarcose wäre vielleicht noch hinzuzufügen, dass dieselbe schneller eintritt, wenn das Chloralhydrat den Thieren per Clysma, als wenn dasselbe durch subcutane Injection einverleibt wird. Während bei der ersteren Applicationsweise zur Narcose zuweilen mehr als eine Stunde erforderlich war, trat dieselbe bei der zweiten in hinreichender Stärke schon nach Verlauf von einigen Minuten ein. Es verdient also das letztgenannte Verfahren vor dem erstgenannten entschieden den Vorzug. Noch ein weiterer Umstand, welcher für das zweite Verfahren spricht, ist der, dass die Thiere das Chloralhydrat per Clysma gereicht viel leichter und fast ohne Nachtheil vertragen, als wenn dasselbe subcutan gegeben wird. In letzterem Falle gingen uns die Versuchsthiere sehr gewöhnlich nachträglich zu Grunde und zwar nicht

1) R. Heidenhain: Dieses Arch. 1871. Bd. IV. p. 557.

2) Surminsky: Ztschrft. f. rat. Medicin. III. R. Bd. XXXVI. p. 205.

Digitized by Google

bloss in Folge der direct schädlichen Einwirkung des Chlorals, sondern auch durch die Vereiterung des von der Injectionsflüssigkeit nekrotisirten Zellgewebes. Hatten wir dagegen das Narcoticum per Clysma den Thieren beigebracht, so sahen wir dieselben sich schnell erholen und konnten dieselben sogar nach Verlauf einiger Zeit, sobald eben die Cornealwunde verheilt war, zu einem zweiten Versuche verwerthen. Selbstverständlich ist bei der Darreichung des Chlorals per Clysma darauf zu achten, dass das Rectum frei von Kothballen ist, und dass die verschlossen erhaltene Injectionscanüle nicht eher aus der Darmhöhle entfernt wird, als bis die Narcose vollständig ausgebildet ist. Da es sich gegenwärtig nicht um eine ausführliche Wiedergabe sämmtlicher von uns angestellten Versuche, sondern nur um einen kurzen Bericht der von uns gewonnenen wesentlichsten Resultate handelt, so genügen diese Vorbemerkungen zum Verständniss der wenigen hier mitzutheilenden Experimente und der aus diesen zu ziehenden Schlüsse. Von Experimenten führen wir hier nur folgende an, erstens einen Versuch, in welchem keine den Blutdruck modificirenden Einflüsse vorlagen, sondern annähernd normale Verhältnisse bestanden, ferner einen Versuch, in welchem der Blutdruck durch tiefe Chloralnarcose stark herabgesetzt war, ausserdem zwei Versuche mit Nicotin-Vergiftung, endlich einen Versuch mit Aortencompression. Die übrigen von uns angestellten Versuche, unter ihnen auch diejenigen, bei welchen durch Reizung verschiedener sensibler Nerven bestimmte Aenderungen des Blutlaufs erzielt wurden, sammt den in letzterer Beziehung gewonnenen Ergebnissen sollen in meiner Dissertation mitgetheilt werden.

Versuch I.

Mittelgrosses Kaninchen. 1,0 Chloralhydrat in 2—3 Ccm. Wasser subcutan injicirt. Eintritt einer vollständigen Narcose erst nach Ablauf einer Stunde. Einführung des Instruments in das rechte Auge.

Den weiteren Ablauf des Versuchs ergibt die beistehende Tabelle, deren erste Columne die Folgezahl der Tropfen, die zweite und dritte Columne die zur Bildung und zum Abfall der letzteren erforderliche Zeit in Minuten und Secunden enthält.

Digitized by Google

Nr. d. Tropf.	Zeit Min.	Sec.	Bemerkungen.
1	—	42	
2	—	36	
3	—	43	
4	—	40	
5	—	43	
6	—	48	
7	—	50	
8	1	16	Bei 8 erster Beginn einer Gerinnselbildung
9	1	29	in dem Ausflussrohr. 12 Respirat. in 15 Sec.
10	1	38	
11	1	48	
12	1	54	
13	3	5	Bei 13 vollständige Verstopfung der Canüle durch Gerinnselbildung.

Die Gesammtmenge des secernirten Kammerwassers betrug genau 0,7 Ccm. Zuckerreaction deutlich. Was die mittlere Secretionsgeschwindigkeit angeht, so berechnet sich dieselbe aus den hier allein in Betracht kommenden 7 ersten Daten im Mittel auf 0,05 Ccm. pro 43,14 Sec., da die Summe der ersten 7 Tropfen einer Flüssigkeitsquantität von 0,35 Ccm. entsprach.

Linkes Auge.

Nr. d. Tropf.	Zeit Min.	Sec.	Bemerkungen.
1	—	35	16 Respirationen in 15 Sec.
2	—	43	
3	—	50	
4	1	37	Bei 4 Beginn von Gerinnselbildung.
5	1	12	
6	2	15	
7	3	10	
8	3	48	Bei 8 völlige Verstopfung der Canüle durch Gerinnselbildung.

Im Ganzen 12 Tropfen = 0,6 Ccm. erhalten.

Mittlere Ausflussgeschwindigkeit aus den 3 ersten Daten berechnet beträgt 0,05 Ccm. in 42,6 Sec. Die aus beiden Augen aufgefangene Flüssigkeit gerann nach wenigen Minuten Aufenthalt im Sammelgefässe total. Der chemischen Untersuchung derselben musste also jedesmal eine Entfernung des übrigen farblosen Coagulums vorangehen. Dies gelang sehr leicht, wenn man letzteres mittelst eines feinen Drahtes oder Glasfadens durchstiess und von den Wandungen des Gefässes, welchen es locker anhaftete, löste. Das schnell und stark schrumpfende Fibrin konnte sodann ohne Mühe und vollkommen reinlich aus dem zurückbleibenden klaren Serum herausgehoben werden.

Versuch II.

Mittelgrosses Kaninchen. 2,0 Chloralhydrat in 10 Ccm. Wasser per anum. Schnelle Narcose. Einführung des Instruments in das rechte Auge.

Digitized by Google

Vordringen der Flüssigkeit um je 10 Mm. in 43 Sec., dann in 1 Min., dann völliger Stillstand bei absoluter Durchgängigkeit des Ausflussrohres. Athemzüge 13 in 20 Sec.

Linkes Auge. Einführung des Instruments

10h. 50' Einstellung d. Wassersäule auf 146,5 mm.

10 60 „ „ „ „ 148 „ (Athemzüge 10 in 20 Sec.)

11 10 „ „ „ „ 148 „ „ 9 „ 20 „

11 20 Tod.

Kein Gerinnsel im Rohre. Eiweissgehalt der aus beiden Augen gewonnenen Menge des Kammerwassers = 0,45 Ccm. sehr unbedeutend. Zuckerreaction deutlich.

Versuch III.

Eine grosse Katze mit Curare vergiftet. Einleitung künstlicher Respiration. Einführung des Instruments in das rechte Auge.

Das Weitere ergibt die beifolgende Tabelle, in welcher die erste Columne abweichend von den früheren Tabellen nicht die Tropfenzahl, sondern die Nummern der Einzelbeobachtungen, die zweite und dritte Columne die Zeit in Minuten und Secunden enthält, während welcher das vordringende Secret in der Ausflussröhre je 5 Mm. zurücklegte.

Nr. d. Beobachtung.	Zeit		Vordringen der Flüssigkeit im Rohre in Mm.	Bemerkungen.
	Min.	Sec.		
1	—	22	5	
2	—	21	„	
3	—	22	„	
4	—	15	„	Bei 4 Instillation von einem kleinen Tropfen reinen Nicotins in den Conjunctivalsack des rechten Auges.
5	—	3	„	
6	—	3	„	
7	—	3	„	
8	—	3	„	
9	—	3	„	
10	—	3	„	
11	—	3	„	
12	—	3	„	

Tropfenzählung.

1 Tropfen in 12 Sec.

1 „ „ 15 „

1 „ „ 19 „

1 „ „ 2 Min. 14 Sec.

Hierauf verlangsamte sich die Secretion mehr und mehr und wurde schliesslich ganz unmerklich.

Die Canüle zeigte sich nach ihrer Entfernung aus dem Auge leicht durchgängig. Ein kleines Gerinnsel konnte zwar in ihr nachgewiesen werden,

Digitized by Google

nichtsdestoweniger war aber keine Verstopfung vorhanden, wie das freie Abströmen des in Ausfluss- und Troicart-Röhre enthaltenen Secrets erkennen liess. Zu Beginn des Versuchs rückte die Flüssigkeit in der Ausflussröhre unter deutlichen mit dem Herzschlage synchronischen Pulsationen vorwärts. Dieselben hörten gegen Ende des Versuchs, als die Secretion langsamer wurde, ganz auf. Eine Stunde nach der ersten Nicotininstillation wurde die Canüle in das linke Auge eingebracht und danach das folgende in der beistehenden Tabelle verzeichnete Resultat erzielt.

Nr. d. Beobachtung.	Zeit		Vordringen der Flüssigkeit im Rohre in Mm.	Bemerkungen.
	Min.	Sec.		
1	—	12	5	
2	—	35	„	
3	—	24	„	
4	—	23	„	Bei 4 Nicotininstillation.
5	—	4	„	

Wie aus dem Vergleich der Zahlen bei 4 und 5 hervorgeht, war auch nach der zweiten Nicotin-Eintröpfelung eine Steigerung der Secretionsgeschwindigkeit bemerkbar. Indessen stellte sich sehr bald, wie wir den Daten der vorstehenden Tabelle hinzufügen müssen, ein vollkommener Stillstand in der Secretion ein, dessen Ursache wir in der nach Surminsky[1]) jeder Nicotinvergiftung folgenden Gefässnervenlähmung suchen zu müssen glauben. Bei Beginn des Versuchs waren wiederum deutliche Pulsationen der Flüssigkeitssäule in der Ausflussröhre zu constatiren, schwanden jedoch gegen Schluss desselben vollständig, obwohl Troicart- und Ausflussröhre, wie die directe Controle lehrte, vollkommen frei von verstopfenden Gerinnseln waren.

Die erste aus dem rechten Auge aufgefangene Portion von humor aqueus betrug im Ganzen 0,55 Ccm. und erwies sich in Uebereinstimmung damit, dass sie offenbar wesentlich dem ursprünglich vorhandenen normalen Inhalt der vorderen Kammer entsprach, arm an Eiweiss.

Die zweitaufgefangene Portion maass 0,65 Ccm. und enthielt viel Eiweiss. Beide Portionen zusammengemischt gaben deutliche Zuckerreaction. Im Kammerwasser des linken Auges war die Eiweissreaction sehr gering, die des Zuckers deutlich.

Versuch IV.

Ein grosser Hund wurde durch Einspritzung von Curare in die V. jugularis vergiftet. Einleitung künstlicher Respiration. Einführung des Instruments in das linke Auge. Ergebnisse wie folgt.

1) Surminsky, a. a. O. p. 214.

Digitized by Google

Nr. d. Beobachtung.	Zeit Min.	Zeit Sec.	Vordringen der Flüssigkeit im Rohre in Mm.	Bemerkungen.
1	—	29	10	
2	—	17	„	Bei 2 Nicotininstillation.
3	—	8	„	
4	—	9	„	
5	—	20	„	
6	—	13	„	
7	—	11	„	
8	—	15	„	
9	—	14	„	
10	—	12	„	
11	—	14	„	
12	—	30	2	
13	—	30	1	

Die Secretionssteigerungen bei 2 und 6 nach Nicotineinträpfelung kommen die erste auf Rechnung der peripherischen Reizung, welche die Corneal- und Conjunctivalnerven in Folge ihrer Anätzung durch das Gift erleiden und reflectorisch auf das vasomotorische Centrum übertragen, eine Wirkung, welche bereits von Surminsky dargelegt worden ist, die zweite auf Rechnung der directen Reizung des vasomotorischen Centrums durch das resorbirte Nicotin.

Die Gesammtmenge des aufgefangenen Secrets betrug 0,75 Ccm. Zuckerreaction deutlich.

Versuch V.

Mittelgrosses Kaninchen. Curare-Vergiftung. Künstliche Respiration. Eröffnung des Thorax rechts zwischen 5. und 6. Rippe. Umlegen eines Ligaturfadens um die Aorta thoracica descendens.

Die Versuchsresultate findet man wie früher in der folgenden Tabelle zusammengestellt. Es geht aus derselben ganz unzweideutig hervor, dass die Unterbindung der Brustaorta die Abscheidung des humor aqueus beschleunigt.

Nr. d. Beobachtung.	Zeit in Min.	Vordringen der Flüssigkeit im Rohre in Mm.	Bemerkungen.
1	1	$5^1/_2$	Aorta offen.
2	„	7	Offen.
3	„	9	Unterbunden.
4	„	5	Offen.
5	„	$7^1/_2$	Unterbunden.
6	„	3	Offen.
7	„	6	Unterbunden.
			Die Herzaction des Thieres in Folge der eingreifenden Operation sehr abgeschwächt.

Digitized by Google

Erhaltener humor aqueus klar, farblos. Die Gesammtmenge des aufgefangenen Secrets betrug 0,2 Ccm. Zuckerreaction deutlich.

Hiermit enden wir die Reihe der von uns anzuführenden Experimente. Die mitgetheilten genügen weitaus zum Beweise des Satzes, dass die Secretion des humor aqueus eine directe Function des arteriellen Blutdrucks ist. Da die vordere Augenkammer aber einen Lymphraum darstellt, dessen Inhalt aus anatomischen und chemischen Gründen unbedingt als Lymphe angesprochen werden muss, so gilt derselbe Satz ersichtlicherweise auch für die Secretion der Lymphe. Wir halten uns deshalb zu dem Schlusse berechtigt, dass die gegentheiligen Angaben von Paschutin und von Eminghaus zur Aufstellung eines die Lymphbildung betreffenden allgemeinen Gesetzes nicht verwerthet werden dürfen.

Zum Schlusse erfülle ich hiermit die angenehme Pflicht, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. A. Gruenhagen, für die gütige Unterstützung bei vorliegender Arbeit meinen innigsten Dank auszusprechen.

Ueber die Wirkung und Umwandlung des Glycerins im thierischen Organismus.

Von

P. Plósz.

Die Frage über die Umwandlung des Glycerins im Organismus hat durch die Untersuchungen von Luchsinger[1]) eine erhöhte Wichtigkeit erlangt, indem dieselbe dadurch mit der Frage über die Bildungsweise des Glycogens in Zusammenhang gebracht wurde.

Bei einer Reihe von Fütterungsversuchen, die das Ziel hatten von Neuem zu untersuchen, ob es nicht denn doch gelingen würde,

1) Pflüger's Archiv f. Physiol. VIII. S. 289.

Digitized by Google

nach Eingeben verschiedener glycogenvermehrender Stoffe Glycogene von verschiedenen chemischen oder physikalischen Eigenschaften zu erhalten, stellte ich auch Versuche mit Glycerinfütterung an; und hatte dabei Gelegenheit einige Beobachtungen zu machen, die mir bemerkenswerth genug scheinen, um sie schon jetzt, noch vor Abschluss der Versuche zu veröffentlichen.

Neben anderen Wirkungen des Glycerins, auf die ich noch zurückkommen werde, fand ich nämlich, dass nach grösseren Dosen im Harne constant ein sehr energisch reducirender Körper erscheint. Es ist mir bisher nicht gelungen, diesen Körper von den übrigen Harnbestandtheilen zu trennen, so dass ich augenblicklich bloss die Reactionen des denselben enthaltenden Harns beschreiben kann.

Der den Körper enthaltende Harn reducirt in alkalischer Flüssigkeit Kupferoxyd, Wismuthoxyd und Silberoxyd; ist die Substanz in grösserer Menge vorhanden, dann erfolgt die Ausscheidung des Kupferoxyduls sofort, während bei Gegenwart geringerer Mengen die Ausscheidung öfters erst beim Erkalten der Flüssigkeit vor sich geht. Die Lösung der Substanz bräunt sich beim Erhitzen mit Natronlauge; der Körper verhält sich demnach auch in dieser Richtung dem Traubenzucker ähnlich; unterscheidet sich jedoch von demselben dadurch, dass er nicht gährungsfähig und optisch inactiv ist. Die Substanz scheint auch zersetzlicher zu sein und weit energischer zu reduciren als der Traubenzucker. Ich habe wenigstens beobachtet, dass nach 2—3stündigem Stehen bei Zimmertemperatur schon sehr deutliche Reduction mit Ausscheidung von Kupferoxydul stattfand. Der Körper ist löslich in Alkohol, unlöslich in Aether. Die Hauptschwierigkeit seiner Reindarstellung wird durch dessen Zersetzlichkeit bedingt.

Die chemische Beschaffenheit betreffend ist es sowohl nach den Reactionen als auch nach seiner Entstehungsweise sehr wahrscheinlich, dass derselbe identisch ist mit jener Substanz die von Berthelot[1]) aus Glycerin durch Gährenlassen mit Hodenparenchym gewonnen und von ihm für Zucker angesehen wurde. Später wurde von diesem Körper durch Huppert[2]), Kirchner und Meissner[3]), van Deen[4]), Perls[5]) und durch Heynsius[6]) nachgewiesen, dass der-

1) Ann. Chem. Phys. [3] S. 369. Auch Watt's Dictionery of Chemistry.

2) Jahresber. üb. d. Fortschritte d. Anat. Physiol., herausg. v. Henle, Meissner, Keferstein. 1861.

3), 4), 5), 6) Ebenda.

Digitized by Google

selbe aus Glycerin durch verschiedenartige Oxydationen, sowie auch durch Electrolyse erhalten werden kann, und mit dem Traubenzucker nicht identisch ist, da derselbe sich nicht gährungsfähig und optisch inactiv zeigt. Der Körper unterscheidet sich nach den Angaben der genannten Forscher in mehreren Punkten auch von der zuerst von Debus[1]) erhaltenen Glycerinsäure. Die Zusammensetzung und chemische Beschaffenheit dieses Glycerinderivates ist bisher trotz der verschiedenen Arbeiten nicht ermittelt. Die Substanz ist sehr zersetzlich und dem unzersetzten Glycerin bei jeder Darstellungsweise immer nur in geringer Quantität beigemengt. Sowohl den Reactionen als der Entstehung nach ist es sehr wahrscheinlich, dass die Substanz ein Aldehyd des Glycerins darstellt, wie das zuerst durch Than[2]) wahrscheinlich gemacht wurde.

Würde sich die Sache wirklich so verhalten, dass nämlich die reducirende Substanz, die nach dem Einführen von Glycerin im Harne auftritt, das erste Aldehyd des Glycerins darstellte, dann wäre die von Luchsinger beobachtete Vermehrung des Leberglycogens nach Glycerineinfuhr auch theoretisch erklärlich, denn es würde dann auch die Bildungsweise des Glycogens aus dem Glycerin erklärbar sein. Es könnte dann aus dem Glycerin, $C_3H_8O_3$, das erste Aldehyd desselben, $C_3H_6O_3$, und aus diesem durch Condensation unter Austreten von H_2O, $C_6H_{10}O_5$ entstehen.

Die nach ihren Reactionen beschriebene Substanz erscheint nach Einführen grösserer Mengen Glycerin constant im Harne. Nach kleineren Dosen dagegen fehlt sie in einzelnen Fällen. Bei Hunden habe ich dieselbe nach Eingeben von 4—6 grm Glycerin pro Kilo Thier niemals vermisst. Im Pferdeharne erscheint der Körper schon nach viel geringerer Gabe. So fand ich denselben bei Pferden schon nach 100—300 Ccm Glycerin. Im Kaninchenharne ist der Körper gewöhnlich schwerer nachweisbar, da dieser Harn die Eigenschaft, das gebildete Oxydul in Lösung zu erhalten, in sehr hohem Grade besitzt.

Ausser der eben beschriebenen Eigenthümlichkeit des Harnes fand ich, dass das Glycerin, in etwas grösserer Dosis gereicht, schädliche Wirkungen auf den Organismus äussert. Meine dies-

1) Debus: Ann. Chem. Pharm. CIX. Socoloff: Daselbst CVI. Auch Watts, Dictionary of Chemistry.

2) Meines Wissens bisher bloss in ungarischer Sprache in den Berichten der ungarischen Akad. d. Wissensch. erschienen. Bd. III. Nr. VI. 1872.

Digitized by Google

bezüglichen Beobachtungen stimmen im Ganzen mit den in neuester Zeit von Dujardin-Beaumetz und Audigé[1]) veröffentlichten Resultaten überein, so dass ich mich bei Beschreibung derselben kurz fassen kann. Nach der Dosis von 8—10 grm pro Kilo Thier tritt der Tod beim Hunde in ca. 24 Stunden, beim Kaninchen gewöhnlich schneller ein. Frösche brauchen relativ etwas mehr. Nach 12—15 grm pro Kilo erfolgt beim Säugethier der Tod in ca. 4 Stunden. Bemerkenswerth ist es, dass das Pferd relativ viel weniger verträgt; nach Eingeben von 300 Ccm (ca. 360 grm) verendete ein Pferd von 300 Kilogramm Körpergewicht in 27 Stunden. Die Vergiftungserscheinungen treten fast sofort auf, und können, wenn die Gabe keine tödtliche gewesen ist, in 5—6 Stunden wieder verschwinden. Es treten sehr bald nach dem Eingeben der nöthigen Menge Athem- und Pulsbeschleunigung, grosse Muskelschwäche, Muskelzittern, Krämpfe, beim Pferde Symptome der Kolik, Erbrechen (beim Hund) und bei beiden Hämaturie auf. Die Körpertemperatur steigt sehr schnell nach dem Eingeben, erreicht im Maximum eine bedeutende Höhe und sinkt dann später bei Eintritt der Somnolenz und Betäubung vor dem Tode. Die Maximaltemperatur, die ich beim Pferde (im Mastdarme gemessen) 5 Stunden nach dem Eingeben beobachtete, war 41,2° C.; was beim Pferde, dessen Normaltemperatur 37° C. beträgt, sehr hoch genannt werden muss. Nach 100 Ccm Glycerin (subcutan) entstand bei einem anderen Pferde bloss eine Erhöhung von 0,7 Grad, wobei die Temperatur 5 Stunden nach der Eingabe wieder auf 37° gesunken war. Hämaturie ist nur nach grosser Gabe zu beobachten; der Tod tritt beim Hund wenigstens öfters auch ohne Hämaturie ein. Ebenso ist die Gegenwart des reducirenden Körpers nicht an die Gegenwart von Blutfarbstoff gebunden. Die Hämaturie ist zum Theil wenigstens jedenfalls die Folge der Eigenschaft des Glycerins den Blutfarbstoff der Blutkörperchen zu lösen, wie man das übrigens auch beim Vermengen von Blut und Glycerin ausserhalb des Organismus sieht. Bei der Section findet man ausgedehnte Hyperämie, katarrhalische, selbst croupöse Entzündung der Darmschleimhaut; Hyperämie, Oedem, häufig auch hypostatische Entzündung der Lunge, Hyperämie der Leber, dasselbe, mit albuminöser Trübung in der Niere.

1) Dujardin-Beaumetz et Audigé Union medicale 1876. No. 143, 145, 147. Auch Chem. Centralbl. 1877. No. 17.

Digitized by Google

(Physiologisches Laboratorium in Bonn.)

Zur Kenntniss der physiologischen Wirkungen des Curaregiftes.

Von

Dr. **Giuseppe Colasanti** aus Rom.

Professor N. Zuntz hat bekanntlich im Verein mit Röhrig die wichtige, von Pflüger bestätigte Entdeckung gemacht, dass die Energie der Oxydationsprocesse curarisirter Thiere, bei denen die künstliche Respiration unterhalten wird, eine ungeheure Abnahme erfahre.

Da das Curare den Einfluss des centralen Nervensystems auf die willkürlichen Muskeln vollkommen aufhebt, so liegt es nahe zu vermuthen, dass hierin die Erklärung für die Abnahme der Oxydationsprocesse zu suchen sei. — Eine andere Erklärung könnte in einer diese Oxydationsprocesse unmittelbar hemmenden Wirkung des Giftes gesehen werden.

Um zwischen diesen beiden Alternativen zu entscheiden, schlug mir Professor Pflüger vor, unter seiner Leitung nach folgendem Versuchsplane zu arbeiten:

Nach Tödtung eines Hundes durch Verblutung wird durch beide Hinterschenkel künstlich Blut geleitet, so zwar, dass durch den einen Schenkel mit Curare versetztes Blut, durch den andern nicht vergiftetes mit gleicher Geschwindigkeit fliesst. Vergleicht man dann die Stärke der Reduction, welche die beiden Blutarten in beiden Schenkeln erfahren, so ergibt sich, ob das Curare einen die Oxydation specifisch hemmenden Einfluss besitzt.

Als Versuchsthiere benutzten wir Hunde von mittlerer Grösse, welche kräftige Muskulatur und wenig Fett hatten. Das Verfahren, vermittelst dessen die Thiere uns das gewünschte Versuchsobject lieferten, war folgendes: Der Hund wurde auf das Vivisectionsbrett aufgebunden. Durch einen langen Schnitt in der linea alba, vom sternum bis zur symphysis oss. pub. wird die Bauchhöhle eröffnet;

Digitized by Google

von der linea alba aus nach rechts und links durch einen Querschnitt die Haut- und Bauchmuskulatur durchtrennt, auseinander geklappt, und so freies Feld für die Präparation der Aorta abdominalis und der Vena cava ascendens geschaffen. Beide Blutgefässe werden aus ihren Scheiden freigelegt, und die zur Einbindung der Canüle nöthigen Fäden unter die Arteria geschoben. Während das Thier sich verblutet, wird in die Aorta vor ihrer Theilung eine Canüle eingebunden, welche defibrinirtes Blut zuleiten soll, und nachdem die Vena cava ascendens angeschnitten ist, wird durch die ganze hintere Körperhälfte ein Strom dieses defibrinirten Blutes mit grosser Geschwindigkeit durchgeschickt. Selbstverständlich war bei der Einbindung der Canüle dafür gesorgt worden, dass auch der kleinsten Luftblase der Eintritt in das Gefässsystem unmöglich war. Es hat diese vorläufige Durchleitung den Zweck, einmal etwa schon vorhandene Gerinnsel auszuspülen, dann Gerinnungen, welche während der folgenden etwas länger dauernden Vorbereitungen entstehen könnten, zu verhindern. Danach werden auf beiden Seiten die Arteriae und Venae femorales freigelegt bis zu der Stelle, wo diese unter das Ligamentum Poupartii verschwinden. Vor dem Eintritt unter das genannte Band senden die Arterien Aeste nach dem Becken hin, welche wir vermeiden mussten, um nicht der Gefahr ausgesetzt zu sein, dass Anastomosen zwischen den Gefässen der beiden Seiten das Gift auch auf die Seite übertrügen, welche normal, und von Curare frei bleiben sollten.

Die Canüle, welche das curarisirte Blut zuleiten sollte, wurde unter allen Vorsichtsmassregeln in die Arteria femoralis des einen Schenkels, diejenige, welche das nicht curarisirte Blut zuführte in die des anderen Schenkels eingebunden; jede Vena femoralis erhielt ihre Canüle, welche das durchgeleitete Blut abführte. Bei dem Einführen der Canüle wurde darauf geachtet, dass dieselben soweit in die betreffenden Gefässe hineinreichten, als dieselben freilagen, dass das Ende der Canüle also von unverletztem Gewebe und von Haut umschlossen wurde, und so das Blut nicht einen Weg durch blossliegende Gefässe zurückzulegen hatte. Es hätte, namentlich bei geringer Stromgeschwindigkeit, ein Aufenthalt des Blutes in Gefässstrecken, welche unmittelbar der Luft ausgesetzt sind, nothwendig den Gasgehalt desselben verändern müssen und wurde deshalb vermieden.

Digitized by Google

Der Apparat zur künstlichen Durchleitung war in der nun zu beschreibenden Weise zusammengesetzt:

Das durchzuleitende Blut befand sich in Glaskugeln, von ungefähr 1 Liter Inhalt, welche nach oben ein offenes Rohr tragen, durch das sie gefüllt werden, und nach unten in eine Spitze ausgezogen sind. Ueber diese letztere war ein Gummischlauch gebunden, von ungefähr 2 Meter Länge; und am unteren Ende hatte dieser die neusilberne Cantile, welche in die betreffende Arterie einzubinden war. Cantile und Schlauch waren der Arterie an Caliber möglichst gleich. Eine kurze Spanne vor der Cantile war in den Gummischlauch ein gabelförmiges Rohr eingebunden, dessen eines Gabelstück mit einem kurzen Gummischlauch versehen nach der Seite abging. Dasselbe hatte den Zweck, nachdem der Strom nach der Arterie hin unterbrochen war, die in der Glaskugel vorhandene Blutmenge auslaufen zu lassen, ohne dass man nöthig hatte, den Schlauch irgendwo zu durchschneiden oder auseinander zu nehmen, was immer die Gefahr eines Lufteintritts in das System schwer vermeidlich machen würde. So lange Blut durch den Schenkel durchgeschickt wurde, war natürlich dieser Seitenschlauch durch eine Klemme verschlossen, wenn aber vor einer neuen Durchleitung die Blutreste der Glaskugeln ausgeleert, und durch frisch geschütteltes Blut ersetzt werden sollten, wurden diese Reste durch Abklemmen der Arterie und Oeffnen des Seitenschlauches nach aussen entleert. Eiserne Halter umklammerten die Glaskugeln, in welchen das arterielle Blut war, und an langen eisernen Stangen konnten die Halter auf und niedergeschoben, und an jeder beliebigen Stelle festgeschraubt werden. Bei der Länge des unten an der Kugel befestigten Gummischlauches gestattete es diese Vorrichtung, den Druck durch Veränderung des Abstandes der Kugeln über den Arterien bis zur Höhe einer Wassersäule von 2 Metern zu variiren.

Die Ableitung des Blutes, welches die Gewebe durchflossen hatte, geschah durch Gummischläuche, welche vermittelst neusilberner Cantilen von dem Gefäss entsprechendem Caliber in die Vena eingelegt waren. Von dieser an hingen die Schläuche über 1 Meter lang frei herunter. Das Glasrohr, welches ihrem unteren Ende eingebunden war, hatte in seiner halben Länge einen eingeschliffenen Hahn und krümmte sich mit dem unteren freien Ende aufwärts. Die Bestimmung dieses Glashakens ist, das ausfliessende

Digitized by Google

Blut unter ein in eine Quecksilberwanne umgestülptes mit Quecksilber gefülltes Rohr zu führen. Auch Schlauch und Glasrohr haben, wie die obere Cantile das Caliber des entsprechenden Gefässes.

Die Cantilen und ihre Schläuche lagen natürlich in der Bauchhöhle des Thieres alle enge zusammen. Da, wo die abführenden Schläuche an der Gabelröhre der arteriellen Schläuche vorbeiliefen, hatten wir in jeder ein kurzes Glasröhrchen eingebunden, und konnten so ohne Mühe die Farbe des zugeführten Blutes in den Gabelröhrchen, die des venösen Blutes in den jetzt erwähnten Röhrchen, die alle dicht neben einander gelegen, beobachten und vergleichen.

Die in der Quecksilberwanne stehenden Rohre, in welche das Blut aufgefangen wurde, waren graduirt, damit während des Auffangens abgelesen und so die Strömungsgeschwindigkeit des durchfliessenden Blutes controlirt werden konnte.

Das aufgefangene Blut wurde entweder direct in die Pflüger'sche Pumpe gebracht, oder in dem Eiskasten aufbewahrt. 25 bis 40 Cc. wurden von jeder Blutportion ausgepumpt, und die Gase nach der Bunsen'schen Methode analysirt. Die festgebundene Kohlensäure wurde durch Phosphorsäure ausgetrieben.

Die Gasmengen sind, wie üblich, auf 0° C. und 1 M. Druck reducirt.

Für jede Blutportion wurde ihr Stickstoffgehalt berechnet; und wenn zwei zu gleicher Zeit aufgefangene Blutarten verschiedenen Stickstoffgehalt ergaben, wurde der geringere für richtig gehalten und für den grösseren die nöthige Correctur am Sauerstoffgehalte angebracht.

Da wir zur Durchleitung grössere Blutmengen gebrauchten, war es nicht möglich, das Blut desselben Thieres, welches als Versuchsthier diente, zu verwenden. Wir verschafften uns desshalb Blut aus dem Schlachthause, welches frisch vom Thiere in ein reines trockenes Gefäss eingelassen und in diesem durch Schlagen defibrinirt wurde. Zu den ersten Versuchen hatten wir Kalbsblut, für die letzten Ochsenblut zur Verfügung. Das defibrinirte Blut wurde durch ein reines leinenes Tuch filtrirt, und falls längere Zeit verstrich, ehe es benutzt werden konnte, im Eiskasten aufbewahrt.

Eine bestimmte Menge wurde kurz vor der Anwendung in

Digitized by Google

einem grossen Kolben ungefähr eine Viertelstunde mit Luft geschüttelt, bis es schön hellroth geworden war. Nachdem es so möglichst arteriell gemacht, wurde es in zwei Theile getheilt, von welchen die eine Menge mit Curare versetzt worden, die andere ohne solches bleiben sollte. Das Curare hatten wir in einer Lösung von 1%. Von dieser Lösung sollte einer Blutmenge soviel zugesetzt werden, dass diese nunmehr im Stande war, einen Schenkel eines mittelgrossen Hundes zu curarisiren; und zwar musste die Curarevergiftung schon eingetreten sein, wenn wir begannen, das durchgeflossene Blut aufzufangen. Dabei ist aber zu berücksichtigen, dass das Blut durch die Vermischung mit der Curarelösung eine Verdünnung mit Wasser erfuhr, die in gleichem Masse dem anderen mit ihm zu vergleichenden, nicht curarisirten Blute zugefügt werden musste. Da nun destillirtes Wasser sich gegen Blut durchaus nicht indifferent verhält, so setzten wir statt dessen eine unschädliche Kochsalzlösung von 0,75 % als Verdünnung zu, und liessen äquivalent diesem Kochsalzgehalte auch dem curarisirten Blute soviel Kochsalz in einer concentrirtern Lösung zukommen, so dass also das curarisirte und das nichtcurarisirte Blut gleiche Mengen von Wasser und von Kochsalz erhielten, und das curarisirte Blut sich eben nur noch durch seinen Gehalt an Curare von dem anderen unterschied.

Die so präparirten Blutmengen wurden nun jede in die für sie bereit stehenden Glaskugeln eingefüllt, mit sorgfältiger Vermeidung des Eindringens von Schaum oder Luftblasen in die Gummischläuche.

Durch die vollständig symmetrische Anordnung des Durchleitungsapparates für jeden Schenkel, und durch die ganz gleiche Behandlung der durchzuleitenden Blutmengen, waren die geforderten Bedingungen für vergleichbare Durchströmungen der beiden Hinterschenkel erfüllt. Wenn sich nun noch Verschiedenheiten in der Durchströmungsgeschwindigkeit durch beide Schenkel herausstellten, so konnte diesen leicht dadurch abgeholfen werden, dass man mit Verschiebung der Glaskugeln an ihren Haltern den Druck regulirte.

Wenn die Schenkel in den Apparat eingeschaltet waren und nach Entfernung der betreffenden Klemmen das Blut dieselben frei durchfloss, wurde das aus dem ableitenden Schlauche hervorquellende Blut in Messcylindern aufgefangen.

Digitized by Google

Von fünf zu fünf Cubikcentimetern wurde die in den Messcylindern aufsteigende Blutmenge abgelesen, und durch Regulirung am Apparate möglichst gleichmässige Auslaufsgeschwindigkeit hergestellt.

Das curarisirte Blut enthielt soviel Curare, dass es mit 100 Cc. dem Schenkel 0,1 Gr. dieses Giftes zuführte. Nachdem also eine solche Menge den Muskel durchströmt hatte, konnte mit Sicherheit eine vollständige Vergiftung dieses Schenkels angenommen werden; und wenn von diesen 100 Cc. mindestens die letzten 50 Cc. mit derselben Geschwindigkeit ausgelaufen waren, wie dieselbe Menge auf der anderen Seite, war man sicher, bei dem nun zu beginnenden Auffangen des durchgeströmten Blutes auf beiden Seiten solches zu erhalten, welches gleich lange Zeit im Schenkel verweilt hatte.

Diese Verhältnisse sind für alle Versuche gleich gewesen und konnten desshalb im Voraus erörtert werden. Wir können nunmehr zur specielleren Beschreibung der einzelnen Versuche übergehen.

Das in den Versuchen 1 bis 6 benutzte Blut hatte eine Temperatur von etwa 20° C. Das Blut der Versuche 7 — 10 ungefähr 6° C.

Versuch I.

Das Versuchsthier, ein Hund von 8,57 Klgr. Körpergewicht, wird Vormittags 8 Uhr aufgebunden; nach früher beschriebener Weise die Aorta abdominalis freigelegt und eine Durchleitung mit defibrinirtem Kalbsblut von ihr aus gemacht; während dessen wird das Thier durch Verblutung getödtet. Darauf werden die Arteriae femorales und die Venae femorales frei präparirt und erhalten die nöthigen Canülen. Die beiden Hinterschenkel sind hierdurch in den Durchleitungsapparat eingeschaltet.

Durch jeden Schenkel fliessen über 200 Cc. Blut, die letzten 100 Cc. auf beiden Seiten mit derselben Geschwindigkeit. Das Blut hatte eine Temperatur von ungefähr 20° C.

Im selben Augenblicke wird auf beiden Seiten begonnen das Blut in graduirtem Rohre über Quecksilber aufzufangen.

Mit regelmässiger Geschwindigkeit, welche von 5 zu 5 Cc. controlirt wurde, flossen

aus dem curarisirten Schenkel.		aus dem nicht curarisirten Schenkel.	
Cc. Blut	Zeit	Cc. Blut	Zeit.
50	von 11 Uhr 15′	50	von 11 Uhr 15′
	bis 11 „ 18′		bis 11 „ 18′
16,66 Cc. in 1 Mt.		16,66 Cc. in 1 Mt.	

Digitized by Google

Unmittelbar nachdem sie aufgefangen, werden die beiden Blutportionen in die Pflüger'sche Pumpe gebracht und liefern

1. das curarisirte Blut:

Sauerstoff = 3,04 %.
Kohlensäure = 33,13 %.
Stickstoff = 1,33 %.

2. das nicht curaresirte Blut:

Sauerstoff = 3,41 %.
Kohlensäure = 33,12 %.

Vom Tode des Thieres bis zur Entnahme der analysirten Blutmengen war ungefähr $3^1/_4$ Stunden verflossen.

Versuch II.

Nach einigen Stunden liessen wir aus dem im allgemeinen Theile beschriebenen Seitenrohre die Blutreste aus den Glaskugeln ausfliessen, füllten dieselben mit frisch geschütteltem Blute und liessen dann zum zweiten Male in derselben Anordnung wie vorher Blut durch die Schenkel fliessen. Ehe wir Blut zur Analyse auffingen, liessen wir etwa 100 Cc. auf jeder Seite die Gewebe durchströmen, während wir controlirten, ob derselbe auf beiden Seiten gleich schnell auslief. Da dies der Fall war, fingen wir nun das durchgeflossene und noch stark reducirte Blut auf.

Es flossen:

aus dem curarisirten Schenkel			aus dem nicht curarisirten Schenkel		
Cc. Blut		Zeit	Cc. Blut		Zeit
50		von 1 U. 22' 10"	50		von 1 U. 22' 10"
		bis 1 „ 27' 25"			bis 1 „ 27' 25"
9,52	in	1 Minute.	9,52	in	1 Minute.

Das Blut wird unmittelbar nachdem es aufgefangen in die Pumpe gebracht. Die Gasanalyse des ausgepumpten Gases ergab:

1. Das curarisirte Blut enthielt:

Sauerstoff 2,72 %
Kohlensäure 29,96 „
Stickstoff 1,34 „

2. Das nicht curarisirte Blut:

Sauerstoff 2,50 „
Kohlensäure 28,54 „

Vom Tode des Thieres bis zur Entnahme des ausgepumpten Blutes waren verstrichen etwa 5 Stunden 20 Minuten.

Versuch III.

Der Hund, welcher zu diesem Versuche diente, wog 6,50 Klgr.

9 Uhr Vormittags wird der Hund getödtet.

Genau wie früher beschrieben, werden die Gefässe präparirt, die Ca-

Digitized by Google

nülen eingebunden und das durchzuleitende Blut vorbereitet. Das defibrinirte Blut war frisch aufgefangenes Kalbsblut, welches mit Luft geschüttelt eine sehr hellrothe Farbe hatte.

Entsprechend dem Verfahren bei den früheren Versuchen wird auch jetzt eine Menge Blutes (ungefähr 100 Cc.) zu gleicher Zeit durch jeden Schenkel durchgeschickt, welche auf beiden Seiten gleiche Ausflussgeschwindigkeit hatten. Dann wird aus jedem Schenkel eine Portion zur Analyse aufgefangen.

Es flossen:

aus dem curarisirten Schenkel			aus dem nicht curarisirten Schenkel		
Cc. Blut		Zeit	Cc. Blut		Zeit
40		von 10 U. 14′	40		von 10 U. 14′
		bis 10 „ 28′ 10″			bis 10 „ 28′ 02″
3,04	in	1 Minute.	2,85	in	1 Minute.

Das Blut wird sofort in die Pumpe gebracht und ausgepumpt. Die Gasanalyse ergab:

1. Das curarisirte Blut enthielt:

Sauerstoff	5,92
Kohlensäure	32,00

2. Das nicht curarisirte Blut:

Sauerstoff	5,34
Kohlensäure	31,83
Stickstoff	1,50.

Vom Tode des Thieres bis zur Entnahme des ausgepumpten Blutes waren vergangen: 1 Stunde 24 Minuten.

Nachdem das Thier fünf Stunden lang todt dagelegen hatte, versuchten wir mit frisch geschütteltem Blute nochmals eine Durchleitung zu machen, allein trotz aller Versuche, und trotz der grössten Veränderungen des Drucks in den Arterien und der Saughöhe an den Venen war kein Tropfen Blut mehr aus den Schenkeln zu erhalten, ohne dass wir eine sichtbare Ursache dafür finden konnten.

Versuch IV.

Ein Hund von 5,80 Klgr. Körpergewicht wird Vormittags 9 Uhr getödtet.

Die Aorta wird präparirt und defibrinirtes Kalbsblut, welches geschüttelt sehr hellrothe Farbe hatte, wird zur Vermeidung von Gerinnungen durch beide Hinterschenkel durchgeleitet. Darauf werden die Arterien und Venen jeder Seite freigelegt, mit ihren Canülen versehen und nun durch den einen Schenkel über 100 Cc. mit Curare versetzten Blutes, durch den anderen ebensoviel curarefreies durchgeschickt. Auf beiden Seiten waren die Ausflussgeschwindigkeiten der zuletzt geflossenen 60 Cc. ganz gleich und desshalb wurden ohne weiteren Aufschub die zur Analyse bestimmten Portionen über Quecksilber aufgefangen.

Digitized by Google

Es flossen:

aus dem curarisirten Schenkel			aus dem nicht curarisirten Schenkel		
Cc. Blut	Zeit		Cc. Blut	Zeit	
50	von 11 U. 26′ 00″ bis 11 „ 30′ 41″		50	von 11 U. 36′ 00″ bis 11 „ 20′ 30″	
10,68	in	1 Minute.	11,11	in	1 Minute.

Das Blut kam sofort in die Pumpe. Die Analyse der ausgepumpten Blutgase ergab:

1. Das curarisirte Blut enthielt:

Sauerstoff	3,15
Kohlensäure	32,03

2. Das nicht curarisirte Blut

Sauerstoff	4,05
Kohlensäure	30,11
Stickstoff	1,48

Vom Tode des Thieres bis zur Entnahme des ausgepumpten Blutes waren verstrichen 2 Stunden 26 Minuten.

Versuch V.

An demselben Thiere wird noch eine zweite Durchleitung gemacht; nachdem auf jeder Seite 60 Cc. mit gleicher Geschwindigkeit ausflossen, wurden die zur Analyse bestimmten Portionen über Quecksilber aufgefangen.

Es flossen:

aus dem curarisirten Schenkel			aus dem nicht curarisirten Schenkel		
Cc. Blut	Zeit		Cc. Blut	Zeit	
40	von 12 U. 54′ 00″ bis 12 „ 59′ 58″		40	von 12 U. 54′ 00″ bis 12 „ 59′ 48″	
6,70	in	1 Minute.	6,88	in	1 Minute.

Das Blut konnte erst in die Pumpe gebracht werden, nachdem es ungefähr 3 Stunden im Eiskasten gestanden hatte.

1. Das Blut, welches den curarisirten Schenkel durchströmt hatte, enthielt

Sauerstoff	3,72
Kohlensäure	29,75
Stickstoff	1,73

2. Das Blut, welches den nicht curarisirten Schenkel durchströmt hatte:

Sauerstoff	3,82
Kohlensäure	28,83.

Vom Tode des Thieres bis zur Entnahme dieses Blutes waren verstrichen: 3 Stunden 54 Minuten.

Trotzdem bei allen bis jetzt gemachten Versuchen vom Tode des Thieres an bis zu dem Zeitpunkte, in welchem die Durchleitungen gemacht wurden, die das zur Analyse bestimmte Blut

Digitized by Google

lieferten, mehrere Stunden verstrichen waren, war die Energie der Oxydation in den Geweben eine noch so grosse, dass das künstlich durchgeleitete Blut sehr stark reducirt dieselben verliess. Nun könnte man sich vorstellen, dass die Gleichheit des Sauerstoffgehaltes in den beiden venösen Blutarten, von denen die eine den curarisirten, die andere den nicht curarisirten Schenkel durchflossen hatte, nicht bedingt sei durch eine gleiche Energie der Oxydation in den beiden verglichenen Schenkeln, sondern vielmehr darin, dass der im Blute noch vorhandene Sauerstoffrest nur sehr schwer von den Geweben nutzbar gemacht werden kann, wofür die Beobachtungen Alexander Schmidts angeführt werden können, dass an Sauerstoff armes Blut, welches reducirende Stoffe enthält, seinen Sauerstoff nicht verbraucht, sofort aber sich oxydirt, wenn neuer Sauerstoff zu demselben Blute gebracht wird. Dieser Einwand würde also besagen, dass der gleiche Sauerstoffrest in den verglichenen Blutarten nicht dazu berechtigte, auf gleiche Energie der Oxydation in beiden Schenkeln zu schliessen.

Versuch VI.

Der Hund, von 9,45 Klgr. Körpergewicht, wird Nachm. 6 Uhr getödtet und von der Aorta aus defibrinirtes Ochsenblut durch die hintere Körperhälfte geleitet, bis keine Gerinnungen mehr zu fürchten waren. Dann werden die beiden Hinterschenkel des Thieres wie früher in den Durchleitungsapparat eingeschaltet. Nun bleibt der Cadaver des Thieres die Nacht über liegen; die der Luft ausgesetzten Theile der Bauchhöhle werden mit nassen Schwämmen bedeckt, damit Eintrocknen und dadurch bedingtes Starrwerden der Blutgefässe in der Nähe der eingebundenen Canüle, welches bei der künstlichen Durchleitung hätte störend werden können, verhindert wurde. Des andern Morgens 10 Uhr, nachdem also das Thier seit 16 Stunden todt war, wurde die Durchleitung der präparirten Ochsenblutquanta begonnen. Zuerst liessen wir wieder über 100 Cc. Blut aus den venösen Schläuchen ausfliessen, und da hiernach noch 100 Cc. mit gleicher Geschwindigkeit ausgeflossen waren wurden die zu analysirenden Quanta aufgefangen.

Es flossen

aus dem curarisirten Schenkel			aus dem nicht curarisirten Schenkel		
Cc. Blut		Zeit	Cc. Blut		Zeit
26,4		von 10 U. 53′ 00″ bis 1 „ 10′ 00″	27,7		von 10 U. 53′ 00″ bis 1 „ 10′ 00″
0,13	—	in 1 Minute.	0,14	—	1 Minute.

Das Blut wird sofort in die Pumpe gebracht. Die Gasanalyse ergab:

1. Das Blut, welches durch den curarisirten Schenkel geflossen war enthielt:

Digitized by Google

Sauerstoff	5,94
Kohlensäure	48,10
Stickstoff	1,17

2. Das Blut, welches durch den nicht curarisirten Schenkel geflossen war:

Sauerstoff	5,71
Kohlensäure	48,70

Vom Tode des Thieres bis zur Entnahme des analysirten Blutes verstrichen 16 Stunden 58 Minuten.

Wir hatten zur künstlichen Durchleitung Ochsenblut benutzt, weil es mehr Sauerstoff zu binden vermag, als das früher gebrauchte Kalbsblut; wir hatten das todte Thier lange liegen lassen, ehe wir Blut durch die Gewebe schickten, welches analysirt wurde, um in einer Zeit die Oxydation zu beobachten, wo sie von geringerer Energie als kurz nach dem Tode sein musste. Unter solchen Bedingungen durften wir erwarten, nie Blut den Geweben entströmt zu finden, welches sich einen grösseren Sauerstoffgehalt bewahrt hatte, als bei den früheren Versuchen. Allein der Umstand, dass das Blut nur mit so ausserordentlich geringer Geschwindigkeit durchgeleitet werden konnte, bewirkte es, dass der Sauerstoffgehalt unsres Venenblutes dennoch weit geringer war, als wir ihn zu erhalten gehofft hatten. Wir versuchten es desshalb auf's neue, nach möglichst langer Zeit nach dem Tode eine Durchleitung zu Stande zu bringen, indem wir in kürzeren Zeiten wieder und wieder uns überzeugten, dass die Möglichkeit eines Blutdurchtrittes durch die Gewebe noch existirte. So entstanden die folgenden 6 Versuche, welche alle an einem Thiere angestellt wurden.

Versuch VII.

Ein Hund von 12,49 Klgr. Körpergewicht wurde Vormittags $^1/_2$10 Uhr getödtet. Nachdem in oben beschriebener Weise die Aorta abdominalis frei präparirt war, wurde nun statt des defibrinirten Blutes, wie es bei den früheren Versuchen benutzt war, eine Kochsalzlösung von 0,75 % durch die hintere Körperhälfte des Thieres durchgeleitet, bis dieselbe wasserhell aus den Venen austrat. Wir glaubten nämlich annehmen zu dürfen, dass die Unmöglichkeit des Blutdurchtritts, wie sie längere Zeit nach dem Tode eintreten kann, zum Theil wenigstens ihren Grund darin haben könnte, dass Gerinnungen, die sich bei längerem Aufenthalte defibrinirten Blutes in dem Gefässsystem bilden, der durchzuleitenden Flüssigkeit den Weg verlegen. Nach der Ausspülung mit Kochsalzlösung wurden die Gefässe mit Schieberpincetten abgeklemmt und so die Kochsalzlösung in den Geweben gelassen bis kurz vor einer solchen Durchleitung, welche uns zu analysirendes Blut liefern sollte. Bevor wir aber dem einen Schenkel curarisirtes, dem andern curare-

Digitized by Google

freies Blut zusandten, liessen wir mehr als 1 Liter defibrinirtes Blut die Gewebe durchströmen um die vorher eingelassene Kochsalzlösung wieder auszuwaschen. Das zu den Versuchen 7 bis 12 benutzte defibrinirte Ochsenblut hatte ein specifisches Gewicht von 1064,3.

Nach der vorläufigen Durchströmung mit dem sehr sauerstoffreichen Blute, erhielt nunmehr jeder Schenkel das für ihn bestimmte präparirte Blut, und als 95 Cc. auf jeder Seite in gleicher Zeit ausgeflossen waren, wurden die zu analysirenden Portionen über Quecksilber aufgefangen.

Es flossen

aus dem curarisirten Schenkel		aus dem nicht curarisirten Schenkel	
Cc. Blut	Zeit	Cc. Blut	Zeit
40	von 4 U. 31′ 00″	40	von 4 U. 31′ 00″
	bis 4 „ 39′ 25″		bis 4 „ 39′ 25″
4,75 in	1 Minute.	4,75 in	1 Minute.

Beide Blutportionen wurden sofort in die Pumpe gebracht.

Es enthielt:

1. Das Blut aus dem curarisirten Schenkel

Sauerstoff	11,83
Kohlensäure	30,12
Stickstoff	2,21.

2. Das Blut aus dem nicht curarisirten Schenkel

Sauerstoff	11,29
Kohlensäure	32,16.

Vom Tode des Thieres bis zur Durchleitung des analysirten Blutes waren verstrichen 7 Stunden.

Versuch VIII.

Nachdem die Blutquanta des vorigen Versuches aufgefangen waren, wird die Durchleitung nicht unterbrochen, sondern geht ungehindert weiter, so dass auf beiden Seiten die gleiche Auslaufsgeschwindigkeit besteht. Nach etwa 10 Minuten werden zu gleicher Zeit zwei Blutquanta aufgefangen. Dieselben haben also fast unter denselben Bedingungen gestanden wie die des vorigen Versuches.

Es flossen:

aus dem curarisirten Schenkel		aus dem nicht curarisirten Schenkel	
Cc. Blut	Zeit	Cc. Blut	Zeit
30	von 4 U. 50′ 00″	30	von 4 U. 50′ 00″
	bis 4 „ 58′ 30″		bis 4 „ 58′ 30″
3,53 in	1 Minute.	3,53 in	1 Minute.

Das Blut bleibt 2 Stunden im Eise stehen, bevor es in die Pumpe kommt. Die Gasanalyse ergibt:

1. Das Blut aus dem curarisirten Schenkel enthielt:

Digitized by Google

Sauerstoff 11,87
Kohlensäure 29,88
Stickstoff 1,82

2. Das Blut aus dem nicht curarisirten Schenkel
Sauerstoff 11,51
Kohlensäure 30,94.

Vom Tode des Thieres bis zur Durchleitung des analysirten Blutes verstrichen 7 Stunden 20 Minuten.

Versuch IX.

Als die Blutquanta des vorigen Versuches aufgefangen waren, wird vermittelst Abklemmen der betreffenden Schläuche die Durchleitung unterbrochen. Nach mehreren Stunden wird wiederum eine neue Durchströmung gemacht und nun wieder das durchgeflossene Blut aufgefangen, nachdem vorher nahezu 100 Cc. mit gleicher Geschwindigkeit auf beiden Seiten ausgeflossen waren.

Es flossen

aus dem curarisirten Schenkel.			aus dem nicht curarisirten Schenkel		
Cc. Blut	Zeit		Cc. Blut	Zeit	
30	von 8 U. 35′ 00″		30	von 8 U. 35′ 00″	
	bis 8 „ 40′ 00″			bis 8 „ 40′ 00″	
6,00	in 1 Minute.		6,00	in 1 Minute.	

Das Blut wird sofort in die Pumpen gebracht.

Es enthielt:

1. Das Blut aus dem curarisirten Schenkel
Sauerstoff 11,65
Kohlensäure 31,04
Stickstoff 2,46

2. Das Blut aus dem nicht curarisirten Schenkel
Sauerstoff 11,72
Kohlensäure 33,67.

Von dem Tode des Thieres bis zur Entnahme dieser Blutproben verstrichen 11 Stunden 5 Minuten.

Versuch X.

Gleich darauf werden in bereitstehenden Röhren noch zwei andere Blutportionen aufgefangen.

Es flossen

aus dem curarisirten Schenkel			aus dem nicht curarisirten Schenkel		
Cc. Blut	Zeit		Cc. Blut	Zeit	
25	von 8 U. 47′ 00″		25	von 8 U. 47′ 00″	
	bis 8 „ 53′ 23″			bis 8 „ 53′ 13″	
4,02	in 1 Minute.		4,00	in 1 Minute.	

Digitized by Google

Das Blut bleibt 10 Stunden im Eise stehen, ehe es in die Pumpen kommt.

Es enthielt

1. Das Blut aus dem curarisirten Schenkel

Sauerstoff	10,86
Kohlensäure	30,35
Stickstoff	1,89

2. das Blut aus dem nicht curarisirten Schenkel

Sauerstoff	11,27
Kohlensäure	32,95

Vom Tode des Thieres bis zur Durchleitung des analysirten Blutes verstrichen 11 Stunden 17 Minuten.

	Blut aus curarisirtem Gewebe.						Blut aus nichtcuraris. Gewebe			
Thier.	Nr. d. Versuchs.	Vom Tode des Thieres bis zur Durchl. d. analysirten Blutes verstrichen Stunden.	In 1 Min. flossen aus der Vene Cc. Blut	Sauerstoff %	Kohlensäure.	Stickstoff.	In 1 Min. flossen aus der Vene Cc. Blut.	Sauerstoff.	Kohlensäure.	Stickstoff.
1.	1	3,25	16,66	3,04	33,13	1,33	16,66	3,41	33,12	—
	2	5,33	9,52	2,72	29,96	1,34	9,52	2,50	28,54	—
2.	3	1,23	3,04	5,92	32,00	—	2,85	5,34	31,83	1,50
3.	4	2,43	10,68	3,15	32,03	—	11,11	4,05	30,11	1,48
	5	3,90	6,70	3,72	29,75	1,73	6,88	3,32	28,83	—
4.	6	16,90	0,13	5,94	43,10	1,17	0,14	5,71	43,70	—
5.	7	7,00	4,75	11,83	30,12	2,21	4,75	11,29	32,16	—
	8	7,33	3,53	11,87	29,83	1,82	3,53	11,51	30,94	—
	9	11,08	6,00	11,65	31,04	2,46	6,00	11,72	33,67	—
	10	11,30	4,02	10,86	30,35	1,89	4,00	11,27	32,95	—
Mittel				7,07	32,13			7,01	32,58	

Ueber die Resultate der Versuche 7, 8, 9 und 10 sind noch einige Worte zu sagen.

In Anbetracht der verschiedenen Zeiten, welche von dem Tode des Thieres bis zur Durchleitung der analysirten Blutportionen verstrichen waren, und mit Berücksichtigung der so grossen Verschiedenheiten in den Durchströmungsgeschwindigkeiten, hätte man erwarten sollen, dass jeder der 4 Versuche eine andere Zahl für den Sauerstoffgehalt des Venenblutes hätte ergeben müssen. Trotzdem aber ist der Sauerstoffgehalt des venösen Blutes in allen 4 Versuchen so gleich, dass der Gedanke nahe liegt, dass in den künstlich durchströmten Geweben überhaupt keine Reduction des

Digitized by Google

Blutes zu Stande gekommen sei, dass das Blut in allen 4 Versuchen in demselben Zustande die Gewebe verlassen hätte, in welchen es ihnen zugeschickt worden war.

Ein solcher für diese 4 Versuche vernichtender Einwand ist indessen leicht zu widerlegen.

Wie oben beschrieben, hatten wir dafür gesorgt, dass wir während jedes Versuches uns durch Vergleichung der Farben davon überzeugen konnten, dass das den Geweben entströmende Blut reducirt war. Auch in diesen Versuchen war die Farbe des Venenblutes jedesmal ausserordentlich viel dunkler als die des arteriellen, wie das ja auch natürlich bei einem Unterschiede des Sauerstoffgehaltes von etwa 5% sein muss (ich nehme dabei an, dass das geschüttelte arterielle Blut nahezu mit Sauerstoff gesättigt war). Ausserdem können wir noch auf einem anderen Wege den Beweis führen, dass in den 4 Versuchen noch Oxydationen in den Muskeln stattgefunden haben und dass die Gleichheit aller Zahlen einen andern Grund haben muss.

Nach Versuch 10 haben wir nämlich noch zwei Durchleitungen gemacht und das Blut analysirt, obgleich in diesen beiden die Strömungsgeschwindigkeiten in den beiden Schenkeln während desselben Versuchs so ungleich waren, dass die Versuche nicht aufgeführt werden konnten. Da nun in diesen Versuchen dasselbe arterielle Blut benutzt wurde, wie in den früheren, so lässt die Reduction während dieser auch ein Urtheil zu über die Grösse der Reduction in den früheren Versuchen 7, 8, 9 und 10. In dem Versuche 11 entströmte auf der curarisirten Seite bei der ziemlich beträchtlichen Geschwindigkeit von 5,08 Cc. pro Minute ein Venenblut mit dem Sauerstoffgehalt von 15,25%.

Und in Versuch 12 kam das Blut so stark reducirt aus den Geweben, dass es noch 9,96 — auf der anderen Seite 10,42% Sauerstoff enthielt.

Aus dem hohen Sauerstoffgehalte in Versuch 11: 15,25 geht hervor, dass das arterielle Blut in diesem wie in den früheren Versuchen mehr als 15% Sauerstoff enthielt.

Der geringe Sauerstoffgehalt des Vers. 12: 9,96% und 10,42% beweist, dass auch in diesem Versuche, welcher 26 Stunden nach dem Tode des Thieres gemacht wurde, die Muskeln noch zur Reduction im Stande waren, dass also sicher in den Versuchen 7, 8, 9 und 10 eine noch lebhaftere Oxydation stattgefunden hat.

Digitized by Google

Immerhin lassen sich noch zwei Einwände gegen unsere Versuche erheben, welche das Zugeständniss fordern, dass nur eine sehr grosse Wahrscheinlichkeit, kein absoluter Beweis dafür erbracht ist, dass das Curare desshalb die Oxydation vermindert, weil es die Innervation aufhebt. Man könnte nämlich folgende Einwände machen:

Bei dem lebenden Thiere ist der Sauerstoffverbrauch sehr viel mal grösser als in den künstlich durchströmten Schenkeln, so dass man annehmen könnte, die Wirkung des Curare auf die Oxydation trete erst bei einer Energie der Oxydation zu Tage, welche der des lebenden Thieres gleich ist. Dieser Einwand hat etwas sehr gesuchtes.

Ein anderer Einwand könnte noch aus der Annahme entnommen werden, dass unter den vielen verschiedenartigen Molecülen der Muskelsubstanz, welche sich im normalen Leben continuirlich oxydiren, nach der Tödtung eines Thieres durch Verblutung gerade diejenigen Molekeln am ersten absterben, also gegen Sauerstoff indifferent werden, deren Oxydation durch Curare geschädigt werde, so dass bei unseren Versuchen es sich nur um solche überlebende Molekeln gehandelt habe, die auch bei voller Curarewirkung intact bleiben. Auch dieser Einwand ist nur ad hoc ersonnen, ohne jegliche thatsächliche Stütze und höchst unwahrscheinlich.

Somit scheint sich immer Beweismaterial zur Begründung des Satzes aufzuhäufen, dass vom centralen Nervensysteme continuirlich eine Anregung des Stoffwechsels ausgehe, vor deren gewaltiger Grösse man bis dahin keine Ahnung gehabt hat. Die volle Begründung dieser grossen Thatsache ist weiterer Anstrengung der Forscher im höchsten Grade würdig.

Schliesslich sei es mir noch gestattet, auch dem Assistenten des physiologischen Instituts, Herrn Dr. Dittmar Finkler, der mich bei dieser Untersuchung mit Rath und That unterstützt hat, meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

Digitized by Google

Beiträge zur Physiologie des Pancreas.

Von

M. Afanassiew und **Joh. Pawlow**

aus St. Petersburg.

Die Hauptversuche vorliegender Abhandlung wurden vor bereits zwei Jahren angestellt und als Preisschrift von der St. Petersburger Universität gekrönt.

Die Veröffentlichung dieser Versuchsreihe wurde in der Hoffnung ausgesetzt, dass sich durch fernere Versuche manche Lücke ausfüllen liesse. Obschon unsere Erwartungen bei der neuen Versuchsreihe uns in vielen Hinsichten im Stiche liessen und die hier mitzutheilenden Resultate noch weit entfernt von der gewünschten Abrundung erscheinen, dürften wir dennoch einige neue Thatsachen für die noch sehr lückenhafte Lehre über die Pancreasthätigkeit als nicht ganz unwichtig betrachten.

Möge dieser Umstand zur Rechtfertigung dieser noch mangelhaften Mittheilung dienen.

Schon während unserer ersten neuen Versuche sind die weittragenden Untersuchungen Heidenhain's[1]) erschienen, was nicht ohne Einfluss auf unsere damaligen Beobachtungen gewesen. Bevor wir jedoch dieser Abhandlung Heidenhain's Rechenschaft tragen, wollen wir, in geschichtlicher Ordnung, den Entwickelungsgang unserer eigenen Untersuchungen wiedergeben.

Den Untersuchungen über die Innervation des Pancreas musste die Entscheidung der Frage vorangehen: welche Art von Fisteln dem Normalzustande der Drüse am nächsten stehende Ergebnisse liefere?

Wir gaben den Vorzug constanten Fisteln vor temporären und zwar aus folgenden Gründen:

Die grössere Concentration, die gesteigerte Wirkungsenergie sowohl, als auch die mässige Quantität des Saftes bei temporären

1) Dieses Archiv Bd. X.

Digitized by Google

Fisteln schienen uns weniger geeignet mit dem normalen Saft gleich gestellt zu werden, als der Saft von constanten Fisteln. In der That, warum sollte man einen concentrirteren Saft für mehr normal ansehen, als einen dünnflüssigen, indem beiderlei Eigenschaften pathologisch sein könnten.

Was die physiologisch-chemischen Reactionen des Saftes betrifft, so haben sich alle drei bekannten Reactionen für beiderlei Säfte, sowohl von temporären, als auch von constanten Fisteln gültig erwiesen, wie dieses schon von N. O. Bernstein[1]) angegeben und von uns wiederholt bestätigt wurde. Wir benutzten auch Cl. Bernard's[2]) Angabe, dass der Saft von constanten Fisteln unter Zusatz von Essigsäure Gas (wahrscheinlich CO_2) entwickele, wogegen am Safte von temporären Fisteln dieses erst nach längerem Verbleiben desselben an der Luft stattfindet. Hierin lag in der That der Grundunterschied zwischen beiderlei Saftarten und zwar zu Gunsten des Saftes constanter Fisteln.

Dieser Unterschied schien uns nähere Untersuchung zu erfordern. Dabei ergab sich aber ganz Unerwartetes. Indem viele Proben eines frisch abgesonderten Saftes einer constanten Fistel mit Essigsäure behandelt wurden, haben wir kein einziges Mal eine irgend merkliche Gasentwickelung wahrgenommen. Zuweilen waren zwar einzelne Bläschen in der Flüssigkeitsschicht während des Eingiessens der Säure emporgestiegen, es lässt sich dennoch schwerlich entscheiden, ob dieselben CO_2 oder einfach mit der Säure eingedrungene Luftbläschen gewesen. Bei ClH-Zusatz ist es uns ein einzelnes Mal unter einer grösseren Anzahl von Fällen vorgekommen, eine ziemlich bedeutende Gasentwickelung zu beobachten. Wurde nun zu demselben Safte, jedoch nach längerem Verbleiben an der Luft, Essigsäure beigemengt, so ergab sich in der That am 2., 3. Tage eine merkliche Gasentwickelung. Jedoch auch hier nicht jedes Mal.

Als zweites Prüfungsmittel für den experimentellen Werth von beiderlei Fisteln bot sich die Abhängigkeit der Absonderung von der Nahrungeinführung. Auch dieses Mittel schien uns mehr zu Gunsten des Normalverhaltens constanter, als temporärer Fisteln zu sprechen. Bernard's Einwand, es fliesse der Saft aus einer

1) Arbeiten aus der physiol. Anst. zu Leipzig 1869.

2) Mémoire sur le pancréas par Claude Bernard 1856.

Digitized by Google

constanten Fistel ununterbrochen, unabhängig von der Nahrungeinführung, wird ohne Mühe durch Bernstein's tabellarische Angaben widerlegt. Dass hier im Gegentheil eine offenbare Abhängigkeit der Absonderung von der Fütterung stattfinde, haben wir ebenfalls stets beobachtet. Hingegen erwies sich dieses Prüfungsmittel für temporäre Fisteln entweder ganz unanwendbar oder war dasselbe ihr ungünstig. Unter allen von Bernard an Hunden angelegten temporären Fisteln erwähnt er blos zweier, wo normale Saftabsonderung nach Bernard bis zum Herausfall der Canüle beobachtet wurde. In diesen beiden Fällen wurde ebenfalls der Zusammenhang zwischen Fütterung und Saftabsonderung wahrnehmbar. In vielen anderen Fällen liess sich dasselbe nicht nachweisen, weil am ersten Operationstage, während dessen nach Bernard ausschliesslich die Absonderung als normal angesehen werden darf, die Hunde keine Nahrung einnahmen. Der Einfluss der Fütterung auf die Absonderung aus temporären Fisteln lässt sich am einfachsten prüfen, indem beobachtet wird: ob Absonderung am gefütterten Thiere sofort nach der Operation stattfindet und ob dieselbe am hungernden Thiere ausbleibt. Ersterer Satz wird durch die bekannte Thatsache zur Genüge beantwortet, dass an gefütterten Thieren die Absonderung entweder gänzlich ausbleibt oder erst später eintritt. Der zweite Satz findet eine Antwort in der Angabe Bernstein's, dass unter 5 Fällen von temporären Fisteln ein Mal eine verhältnissmässig bedeutende Absonderung an einem seit 23 Stunden vor der Operation hungernden Thiere beobachtet wurde. Unser Entschluss, constanten Fisteln vor temporären den Vorzug zu geben, schien uns ferner durch folgende Ueberlegung bekräftigt zu sein.

Aus allen früheren Untersuchungen über die Thätigkeit des Pancreas ist leicht einzusehen, dass sämmtliche Versuche, die Innervation des Pancreas an temporären Fisteln in's Klare zu bringen, fehlgeschlagen haben. Am schlagendsten wird dieses durch Landau's[1]) Abhandlung bestätigt; wogegen eine beschränkte Versuchsreihe an constanten Fisteln Bernstein die Möglichkeit gab, einige feste Daten über genannte Innervation zu ergründen.

Es sind deshalb unsere Versuche an Hunden mit constanten

1) Uns stand nur das Referat Landau's Arbeit im Centralbl. 1873, Nr. 55 leider allein zu Gebote.

Digitized by Google

Fisteln angestellt worden. Das Operationsverfahren war im Ganzen Bernstein's Beschreibung getreu, mit dem einzelnen Unterschied, dass wir das eine Drahtende anstatt in das duodenale Ende des Ausführungsganges einzusetzen von Aussen anlegten und mit einem Faden befestigten.

Es sollte entschieden werden: durch welchen Nervenapparat das Pancreas regiert werde? Auf Grund der Analogie wäre auch hier zu erwarten, entweder einem vasomotorischen oder einem secretorischen Apparat oder beiderlei Apparaten zur gleichen Zeit zu begegnen. Die Anwesenheit eines vasomotorischen Apparats war ausser Zweifel: es blieb also nur der Nachweis von secretorischen Nerven übrig. Als Mittel diese Frage zu lösen, ohne an die Nerven selbst direct zu greifen, bot sich nach Heidenhain's[1]) Vorgang, die Untersuchung der Atropinwirkung auf die pancreatische Absonderung und die Beobachtung der Einwirkung verschiedener Reizstärken auf die Concentration des Saftes. Um dieses zu erreichen wurde die Saftconcentration nach einer gewissen Reizstärke mit dem Concentrationsgrad nach einem stärkeren Reiz verglichen.

Anfänglich wollten wir zu diesem Behufe das zweite Absonderungsmaximum nach Bernstein's Angabe benutzen. Später haben wir es vorgezogen, einfach das Thier zu füttern, sobald die Secretionsgrösse, welche sich nach der ersten Fütterung einstellte, zu sinken begann.

Wir führen hier im Auszug die Daten aus einem der Versuche, welcher im Sinne unserer Erwartung für das Vorhandensein eines secretorischen Nervenapparates an dem Pancreas spricht.

Hund.

Versuchsangaben.	Saftabsonderung in 5 Min.	Minim. der Absonderung.	Maxim. der Absonderung.	Feste Rückstände %
	in Cubikcentimeter			
Während der ersten 35 Min. nach der Fleischfütterung	1,0	0,4	1,8	4,00
In den nächsten 35 Min.	0,6	0,4	1,0	3,33
„ „ „ 25 „	0,6	0,4	0,8	2,65
„ „ „ 30 „	0,7	0,4	1,2	3,50
„ „ „ 30 „	0,4	0,3	0,5	2,52
Der Hund wird gefüttert (mit Fleisch)				
In den nächsten 15 Min.	1,4	1,4	1,4	3,40

1) Studien aus d. Breslauer Institute, 4. Heft, 1868 und dieses Archiv, Bd. V u. IX.

Digitized by Google

In einer weiteren Versuchsreihe war auch umgekehrt vorgekommen, dass mit dem Anwachsen der Secretionsmenge der Concentrationsgrad des Saftes abnahm. Indem die wirklichen Gründe, durch welche diese Verschiedenheit der Ergebnisse bedingt wurden, uns entgangen sind, so fanden wir uns doch zur Voraussetzung berechtigt: es wäre die Absonderung fester und flüssiger Bestandtheile des Saftes — zwei verschiedene Processe, welche zweierlei besonderen Nerveneinwirkungen unterworfen seien und dass die Fälle ersterer Art nur erklärbar seien, wenn man die Anwesenheit secretorischer Nerven zugiebt, welche die chemische Arbeit der pancreatischen Zellen direct regieren.

Sehr erfreut waren wir daher, in obenerwähnter Abhandlung Heidenhain's nicht allein die nämlichen Thatsachen zu treffen, sondern auch die nämlichen Schlussfolgerungen. Wir glaubten uns seitdem berechtigt, die Anzahl unserer eigenen Versuche nicht weiter vergrössern zu brauchen.

Von den Atropinversuchen wollen wir sämmtliche, sowohl ältere als neuere anführen, weil, soweit uns bekannt, dergleichen Versuche von Niemandem bis jetzt veröffentlicht sind, zumal Landau's Experimente an temporären Fisteln keine sichere Resultate ergaben.

Die drei ersten Versuche waren an einem und demselben grossen Hunde angestellt worden. Als dem Hunde zum ersten Mal der Leib eröffnet wurde, so musste in Ermangelung eines Bleidrahtes die Operation aufgegeben werden und der Leib wurde zugenäht. Fünf Tage später, als die Wunde ziemlich vernarbt war, wurde der Leib von neuem eröffnet und nun eine constante Fistel angelegt.

I. Versuch, 3. Operationstag. Keine Saftabsonderung.

Um 3 Uhr 10 Min. wird das Thier ins Gestell befestigt und bekommt nun Fleisch

3h. 20′	1,8	Cbcm.	3h. 35′	0,9	Cbcm.
25	1,4	„	40	0,8	„
30	1,3	„			

Es werden 0,005 grm einer 1 % Atropinlösung unter die Bauchhaut eingespritzt

3h. 45′	0,4	Cbcm.	3h. 55′	0,0	Cbcm.
50	0,1	„	4h. 15	0,0	„

II. Versuch. Derselbe grosse Hund. 5. Operationstag. Um 12 Uhr Mittags bekommt der Hund Fleisch. Sofort nach der Fütterung beginnt

Digitized by Google

die Absonderung, welche sehr beträchtlich ist. Gegen 6 Uhr Nachmittags sind Bauch und Hinterbeine ganz nass.

Um 5 Uhr 50 Min. wird der Hund ins Gestell befestigt.

5h.	55′	1,0	Cbcm.
6h.	—	2,0	„
	5	2,0	„

0,005 grm Atropin (derselben Lösung) unter die Haut eingespritzt.

6h.	10′	1,0	Cbcm.	6h.	25′	0,1	Cbcm.
	15	0,1	„		30	0,0	„
	20	0,2	„		35	0,1	„

III. Versuch. Derselbe Hund. 6. Operationstag.

Um 6 Uhr 30 Min. ins Gestell befestigt. Das Protokoll führt keine Angabe an, ob an diesem Tage das Thier gefüttert gewesen.

6h.	35′	1,2	Cbcm.
	40	1,6	„
	45	2,0	„

Dieselbe Quantität Atropin eingespritzt.

6h.	50′	2,0	Cbcm.	7h.	5′	0,1	Cbcm.
	55	0,1	„		10	0,1	„
7h.	—	0,0	„		35	0,0	„

IV. Versuch. Ein anderer Hund. Die Fistel wurde vor 2 Tagen angelegt.

Um 2 Uhr 32 Min. wurde das Thier ins Gestell befestigt.

2h.	33′	0,0	Cbcm.
	37	0,0	„

Der Hund bekommt Fleisch.

2h.	50′	0,2	Cbcm.	3h.	3′	0,5	Cbcm.
	53	1,0	„		6	0,1	„
	55	0,8	„		10	1,0	„
	57	1,2	„		13	0,3	„
	59	1,4	„		15	0,2	„
3h.	1	1,0	„		17	0,3	„

0,01 grm 1 % Lösung Atropin subcutan injicirt.

2h.	30′	0,0	Cbcm.

V. Versuch. Derselbe Hund. Am anderen Tage.

18 Stunden vor der Beobachtung gefüttert.

Um 9 Uhr 53 Min. befestigt.

9h.	56′	0,4	Cbcm.	10h.	10′	0,6	Cbcm.
	58	0,7	„		12	0,0	„
10h.	—	1,5	„		14	0,2	„
	2	0,6	„		16	0,6	„
	4	1,6	„		18	0,4	„
	6	0,8	„		20	0,2	„
	8	1,0	„		22	0,4	„

Dieselbe Menge Atropin eingespritzt.

10h.	23′	0,1	Cbcm.
	26	0,05	„
	35	0,0	„

Digitized by Google

VI. Versuch. Anderer Hund. Vor drei Tagen operirt.

Um 2 Uhr 5 Min. gefüttert und befestigt.

2 h. 20′	0,0	Cbcm.	2 h. 40′	0,2	Cbcm.
25	0,2	„	45	0,1	„
30	0,4	„	50	0,1	„
35	0,3	„			

Der Hund wird von neuem gefüttert.

2 h. 55′	0,1	Cbcm.	3 h. 10′	0,4	Cbcm.
3 h. —	0,2	„	15	0,5	„
5	0,4	„			

0,005 grm Atropin subcutan injicirt.

3 h. 20′	0,2	Cbcm.
25	0,1	„
45	0,0	„

VII. Versuch. 2 Tage zuvor operirt. Bekam Fleisch.

Um 10 h. 35′	befestigt.		11 h. 1′	0,4	Cbcm.
45	0,0	Cbcm.	3	0,3	„
47	0,1	„	5	0,3	„
49	0,2	„	7	0,2	„
51	0,1	„	9	0,2	„
53	0,1	„	11	0,2.	„
55	0,3	„	13	0,2	„
57	0,2	„	15	0,2	„
59	0,2	„			

0,01 grm Atropin subcutan injicirt.

11 h. 17′	0,2	Cbcm.	11 h. 23′	0,05	Cbcm.
19	0,15	„	25	0,05	„
21	0,1	„			

Ebensoviel Atropin wieder injicirt.

11 h. 27′	0,05	Cbcm.	11 h. 35′	0,0	Cbcm.
29	0,1	„	37	0,0	„
31	0,05	„	39	0,05	„
33	0,05	„			

VIII. Versuch. Derselbe Hund. 5. Operationstag.

Ob lange bevor gefüttert, unbekannt.

10 h. 10′	0,0	Cbcm.	10 h. 14′	0,2	Cbcm.
12	0,2	„	16	0,2	„

Der Hund bekommt Fleisch.

0,01 grm Atropin eingespritzt.

10 h. 28′	0,6	Cbcm.	10 h. 32′	0,4	Cbcm.
30	0,4	„	34	0,4	„

Aus der Durchmusterung sämmtlicher oben angeführter Versuchsdaten ergeben sich gleiche Resultate: in allen Fällen ist die Atropinwirkung in demselben Sinne ausgefallen, indem dieses Mittel die Absonderung stets hemmte und in der Mehrzahl der Fälle dieselbe völlig sistirte.

In denjenigen Versuchen, wo der Stockung der Absonderung

Digitized by Google

nach Atropinisirung ein selbstständiges Absinken der Secretionsmenge voranging, wäre es zweckmässig gewesen, bei Stockung der Secretion das Thier zu füttern, was leider von uns nicht erfüllt worden. Hier finden wir es nicht unpassend, auf folgende Ueberlegung aufmerksam zu machen: es ist nicht ganz unwahrscheinlich, dass nur die vollkommene Sistirung der Secretion allein als normal anzusehen sei (bei unserer Dosirung des Atropins), die Fälle von mehr weniger bedeutender Absonderungsverringerung dürften hingegen dem pathologischen Zustande der Drüse angehören. Die Wahrscheinlichkeit einer derartigen Voraussetzung könnte ihre Unterstützung den Beobachtungen Landau's entnehmen, denen zu Folge das Atropin vollkommen wirkungslos blieb. Uns fehlen jedoch thatsächliche Beweise für die Richtigkeit unserer Voraussetzung. Uns fehlen nämlich Versuche mit grösseren Atropingaben, soweit diese nicht tödtlich sind, ebenfalls vermissen wir genaue Beobachtungen über die relativen Eigenschaften des Saftes verschiedener Thiere u. dgl. m. Indess kann die Thatsache selbst über die ausserordentliche Empfindlichkeit der Bauchspeicheldrüse verschiedener operirter Thiere zum Atropin keinem Zweifel unterliegen. Als Beispiel der grossen individuellen Unterschiede bei der Atropinwirkung können unsere Hunde dienen. Während am ersten grossen Hund bei einer Absonderungsgeschwindigkeit von 2 cbcm in 5 Min., nach Einführung von 0,005 grm Atropin die Absonderung absolut stockte, hat sich dieselbe am letzten 2—3mal kleineren Hunde (0,5 cbcm in 5 Min.) nach 0,02 grm Atropin (Vers. VII) nur um das 4fache verringert.

Nachdem wir das Vorhandensein secretorischer Nerven für die pancreatische Drüse als vollkommen erwiesen ansehen durften, gingen wir zur Untersuchung der Eigenschaften eines jeden solcher Nerven für sich über.

Als Ausgangspunkt dienten uns Bernstein's Untersuchungen über die reflectorische Hemmungsthätigkeit des N. vagus auf die pancreatische Secretion. Wir fanden es gerathen, diesen Versuch am curarisirten Hunde zu wiederholen. Bei Bernstein sträubten sich die Hunde wegen des sensiblen Reizes und es traten ausserdem starke Brechbewegungen ein. Warum sollten diese mechanische Gründe ausser Einfluss auf die Sistirung der pancreatischen Thätigkeit bleiben? Es ist zwar zur Abwehr einer solchen Vermuthung hervorgehoben worden, dass bei durchschnittenen Nerven

Digitized by Google

keine Stockung der Absonderung stattfinde. Es könnte aber nunmehr die pancreatische Absonderung anderen nervösen oder sonstigen Mechanismen als früher ihren Ursprung verdanken — und diese Bedingungen konnten gerade nach Nervendurchschneidung entstanden sein. Der einzelne Versuch, bei dem es gelungen war, eine ansehnliche Absonderung nach vorangegangenen Operationseingriffen zu beobachten, gab uns mit Bernstein übereinstimmende Ergebnisse bei mechanischer Vagusreizung, weshalb wir die Wiederholung dieser Versuche unterliessen.

Wir lassen die Daten dieses Versuches hier folgen.

4. Operationstag.

Um 11 Uhr 35 Min. wurde der Hund ins Gestell befestigt.

11 h. 40′ 0,0 Cbcm.
45 0,0 „

Der Hund bekommt Fleisch.

11 h.	50′	0,7 Cbcm.	12 h.	—	4,0 Cbcm.
	55	0,7 „		3	3,0 „

Nach Vorbereitung zur künstlichen Respiration wird der Hund bis zur vollen Lähmung curarisirt, die künstliche Athmung eingeleitet, die blosgelegten Nn. Vagi auf Fäden bereit gehalten.

Um 1 Uhr 10 Min. ist der Hund wiederum im Gestell.

1 h. 15′ 1,0 Cbcm.
20 1,0 „
25 0,8 „

Derselbe n. vagus wird mit Faden fest geschnürt.

1 h.	30′	0,2 Cbcm.	1 h.	45′	0,1 Cbcm.
	35	0,2 „		50	0,1 „
	40	0,1 „			

Die Absonderung blieb die ganze Beobachtungszeit ($1^1/_2$ Stunden) dieselbe. Bemerkt werden muss, dass die nach Zuschnürung des Vagus abgesonderte Flüssigkeit sehr trübe und unrein war, und es könnte sein, dass dieses nicht pancreatischer Saft, sondern einfach ein Secret aus der Wunde gewesen; besonders wurde diese Flüssigkeit nicht aufgehoben.

Analysirt man nun vorgeführte Ergebnisse, so drängt sich die unvermeidliche Frage von selbst auf: ob der Vagus wirklich als specieller Hemmungsnerv für das Pancreas angesehen werden darf, wie dieses aus Bernstein's Versuchen, wo er sich auf die Vagusreizung beschränkte, einzuleuchten schiene? oder wäre nicht die Vaguswirkung auf allgemeine sensible Reize zurückzuführen? Die Beantwortung dieser Fragen hebt sofort die Voraussetzung einer Analogie des Pancreas mit den Speicheldrüsen auf, wodurch eine höchst wichtige Thatsache für die Physiologie des Pancreas er-

Digitized by Google

worden wird. Es hat sich nämlich erwiesen, dass auch andere sensible Nerven gleich dem Vagus auf die pancreatische Absonderung hemmend wirken.

Uns stehen 2 Versuchsreihen über die Wirkung sensibler Nerven zu Gebote. Die erste Reihe betrifft mechanische Reize der Nervenstämme, und sowohl mechanische als electrische Hautreize am unvergifteten Thiere.

In der zweiten Versuchsreihe wurden am curarisirten Thiere sensible Nerven mechanisch gereizt.

I. Versuch. Die Fistel ist vor 3 Tagen angelegt worden.

Um 10 Uhr 50 Min. wird der Hund im Gestell befestigt.

11 h. — 0,0 Cbcm.

Der Hund bekommt Fleisch.

11 h.	15′	0,1 Cbcm.	11 h.	40′	0,1 Cbcm.
	20	0,1 „		45	0,2 „
	25	0,2 „		50	0,1 „
	30	0,1 „		55	0,1 „
	35	0,2 „			

Es werden dem Hunde die Weichtheile der Zehen mit der Pincette stark gekniffen. Das Thier schreit und macht heftige Bewegungen.

12 h.	—	0,2 Cbcm.	12 h.	15′	0,1 Cbcm.
	5′	0,0 „		20	0,1 „
	10	0,0 „		25	0,2 „

Die Reizung wird wiederholt.

12 h.	30′	0,2 Cbcm.	12 h.	40′	0,2 Cbcm.
	35	0,0 „		45	0,1 „

Die Reizung nochmals wiederholt.

12 h.	50′	0,0 Cbcm.
	55	0,0 „
1 h.	—	0,1 „

Man könnte geneigt sein, die Unterbrechung der Pancreasfunction auf mechanische Reize zurückzuführen. Es fehlen jedoch in unseren Versuchen irgend welche Merkmale der Saftauspressung, welche dabei unbedingt stattfinden müsste. Derselbe Versuch am anderen Tage an demselben Hunde ergab gar keine hervortretende Resultate.

II. Versuch. 4. Operationstag.

Um 1 Uhr 35 Min. wird der Hund gefüttert.

2 h.	5′	0,0 Cbcm.	2 h.	35′	0,3 Cbcm.
	15	0,2 „		45	0,7 „
	25	0,4 „			

Die Weichtheile der Zehen werden mit starkem Inductionsstrom gereizt.

2 h. 55′ 0,2 Cbcm.

Digitized by Google

Die Reizung beendigt.

3h. 5′ 0,8 Cbcm.

Die Reizung wieder begonnen.

15′ 0,2 „

Die Reizung beendigt.

25′ 0,5 „
35 0,7 „

III. Versuch. 5. Operationstag.

Um 10 Uhr 24 Min. wird der Hund gefüttert.

10h. 28′	0,0	Cbmc.	10h. 45′	1,4	Cbcm.
31	0,1	„	47	1,6	„
33	0,2	„	49	1,3	„
35	0,0	„	51	1.3	„
37	0,1	„	53	1,2	„
39	0,3	„	55	1,3	„
41	0,6	„	57	1,1	„
43	1,0	„			

Ausserdem gehört in dieselbe Versuchsreihe noch eine Anzahl von Versuchen, bei denen die Thiere curarisirt werden sollten. Schon die ersten Versuche zeigten uns, wie es auch von Heidenhain mitgetheilt wird, dass mit der Vorbereitung zum Versuche (Tracheotomie, Curarisirung, das Präpariren der Nerven) der ganze Versuch bereits vollendet war, indem eine Absonderung auch nach längerem Warten nicht eintrat. Der Grund dieses Ausbleibens der Absonderung schien uns durchaus unerklärbar. Es fiel uns jedoch alsbald auf, dass die Absonderung schon nach der Tracheotomie stockte, was in den Fällen statt fand, wo die Operation besonders schmerzhaft ausfiel und das Thier dieses durch Geschrei und heftige Bewegungen verrieth. Nun wurde es uns klar, dass wir es mit der Hemmung der Absonderung durch sensible Reize zu thun hatten.

In der zweiten Versuchsreihe fehlen uns vorläufig numerische Daten. In sämmtlichen Versuchen an curarisirten Thieren, wenn es auch gelang die Trachealcanüle einzusetzen und das Thier zu curaresiren, ohne dass die Absonderung stockte, so blieb dieselbe doch aus sobald das Präpariren der sensiblen Nerven begann (nn. cruralis, ischiadicus, dorsalis pedis). Es wurde in solchen Versuchen die Saftabsonderung bei Rückenlage des Thieres direct in der Wunde beobachtet. Wir haben wiederholt versucht, den n. ischiadicus einen Tag zuvor zu präpariren, jedoch sahen wir stets, dass die während der Ischiadicusdurchschneidung stehen gebliebene Absonderung auch nicht wieder eintrat. Es ist wahr-

Digitized by Google

scheinlich, dass die Wunde bei Abwesenheit der Saftabsonderung um so rascher zuheilte.

Man kann also als festgestellt ansehen, dass der sensible Reiz (von der Haut aus) die pancreatische Absonderung hemme.

An dieser Thatsache sei ein neues Beispiel gegeben, wie störend der Einfluss vorgefasster Ideen für den Fortschritt inductiver Forschungsgebiete ist. Indem für die Speicheldrüsen nachgewiesen wurde, dass sensible Reize die Absonderung einleiten und fördern, wollte man der Analogie halber dasselbe auch an der Bauchspeicheldrüse durchaus erforschen — obschon die Thatsachen für das gerade Umgekehrte sprechen. Es wurde schon durch Claude Bernard gezeigt, dass die Operation der pancreatischen Fisteln um so mehr für die Absonderung unschädlich sei, je duldsamer, unempfindlicher das Thier sei. Man hatte sich ferner überzeugt, dass die Tracheotomie und andere schmerzerregende Operationseingriffe die Pancreassecretion hemmten. In der allerletzten Zeit giebt Heidenhain an, dass Kaninchen offenbar die pancreatische Saftabsonderung beim Operiren wenig einbüssen — was durch die anerkannte Gefühllosigkeit dieser Thiere vollkommen erklärbar ist. Es hat dessenungeachtet Niemand ausdrücklich ausgesprochen oder specielle Versuche vorgenommen, um nachzuweisen, dass die Reizung sensibler Nerven die Pancreasabsonderung hemme, obschon bekannt gewesen, dass der n. Vagus reflectorisch in diesem Sinne wirke. Nachdem ein Mal aber dieses bekannt geworden, wird dem neuen Forscher auf diesem Gebiete das scheinbare Misslingen der Versuche von nun an leicht zu erklären sein. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass Heidenhain's Bernstein widersprechende Angaben über die Wirkungsweise des Curare auf die Pancreassecretion wenigstens zum Theil darauf beruht, dass Heidenhain die Verminderung oder Sistirung der Absonderung an curarisirten Thieren mit constanten Fisteln dem Curare zuschrieb, ohne Berücksichtigung vorhergegangener Operationseingriffe.

Werfen wir nun wiederum einen Rückblick auf die von uns im Beginne dieser Abhandlung hingestellte Frage: welche von beiden Fistelarten, die constanten oder die temporären, dem Nor-

---

1) Einige Beobachtungen über das Pancreasseret pflanzenfressender Thiere. Dieses Archiv Bd. XIV, 1676.

Digitized by Google

malzustand der Drüse näher stehen und deshalb für das physiologische Experiment brauchbarer sind?

Hier muss der Unterschied in den Ergebnissen Cl. Bernard's und Heidenhain's einerseits und denjenigen von Bernstein und den unsrigen andererseits auseinandergesetzt werden. Erstere Forscher sahen, dass an constanten Fisteln sowohl die Abhängigkeit der Absonderung von der Fütterung, als Gasentwickelung bei Essigsäurezusatz mit der Zeit verschwänden; wir dagegen haben dieses nie beobachten können.

Als einzig mögliche Erklärung dürfte hier anzunehmen sein, dass verschiedene Beobachter mit der Zeit nach verschiedenen Fisteln zu thun hatten. Bernstein und wir untersuchten den Saft von Fisteln, die höchstens vor 9 Tagen angelegt waren. Bernstein erwähnt nur einer Fistel dieser Dauer, indem alle übrigen frischer gewesen; an unseren Thieren heilten in der Regel die Fisteln am 5. bis 6. Tage zu. Ersteren Forschern wird also gelungen sein Hunde zu beobachten, an denen die Fisteln längere Zeit nicht zuwuchsen. Es fehlen leider sowohl bei Bernard, als bei Heidenhain genauere Angaben über die Anzahl der Thiere und den Tag an dem sich die constante Absonderung einstellte. Geben wir jedoch zu, dass bei sämmtlichen Hunden mit langdauernden constanten Fisteln schliesslich ein continuirlicher Absonderungstypus einzutreten pflege. Dadurch wird unbestreitbar die abnorme Secretionseigenschaft constanter Fisteln festgestellt. Dasselbe wäre ferner durch Heidenhain's histologische Untersuchungen bekräftigt, indem dieser Forscher eine Verdünnung, ja ein gänzliches Schwinden der granulären Schicht der Pancreaszellen nachweist.

Es muss jedoch zugegeben werden, dass man beim physiologischen Experiment nicht unbedingt mit nur absolut normalen Organen zu thun hat. Es hat nichts zu sagen, wenn man eine Pancreasabsonderung vor sich hat, welche concentrirter oder flüssiger als der normale Saft ist, dass dessen Absonderungsmenge grösser oder geringer als in der Norm ist. Dieses sind blos quantitative Unterschiede. Das wichtigste aber für Innervationsuntersuchungen an der Drüse ist das Aufrechthalten der qualitativen Verhältnisse der Absonderung mit dem ganzen Organismus.

Um über den absoluten Normalwerth einer Absonderung ein richtiges Urtheil zu fällen, fehlen uns strenge Anhaltspuncte über-

Digitized by Google

haupt. Abgesehen von individuellen Unterschieden, bieten sich an einem und demselben Thier schwer zu erklärende Schwankungen bei scheinbar denselben Bedingungen. Auch ist der Begriff über den Normalsaft an sich schon sehr unsicher.

Viel wichtiger erscheint die Beantwortung der Frage: an welchen Fisteln es zweckmässiger sei, die Innervation und andere Eigenschaften der Bauchspeicheldrüse zu untersuchen?

Es ist offenbar, dass eine jede Fistelart ihr pro und contra besitzt. Nun schiene es auf den ersten Blick, dass der Vorzug temporären Fisteln zu geben wäre, indem man mit einem noch ganz unbeschädigten Organ zu thun habe. Man greife so zu sagen mitten in den physiologischen Gang der Drüsenthätigkeit ein. Wogegen eine constante Fistel auf Grund pathologischer Veränderungen, welchen die Drüse allmählig unterliegt (wie dies microscopisch nachweisbar ist, Heidenhain) offenbar ein pathologisches Secret bietet. Von den vorübergehenden Störungen, welche durch Operationseingriffe an temporären Fisteln verursacht werden, könnte sich doch die Drüse erholen — pathologische Veränderungen, wie sie bei constanten Fisteln vorzukommen pflegen, seien dagegen ein bleibendes Uebel.

Nun haben wir aber gesehen, dass an temporären Fisteln auch nach Fütterung der Thiere die Absonderung ausbleibt, eine Erscheinung, welche einige Versuche, wie die Bernstein'schen mit Vagusreizung z. B., gerade unanstellbar macht. An constanten Drüsenfisteln tritt hingegen eine continuirliche Absonderung ein, was wiederum abnorm ist. Um die relativen experimentellen Vorzüge beider Fistelarten näher zu bestimmen, wählten wir zuförderst als Prüfungsmittel die Abhängigkeit der Pankreasabsonderung von der Fütterung. An constanten Fisteln ist uns vollkommen gelungen, die Thätigkeit der Drüsen unter Einwirkung der in den Magen eingeführten Nahrung näher zu untersuchen. Wir haben auch nur diejenigen Fälle benutzt, an denen der Zusammenhang zwischen Nahrung und Absonderung fortbestand. An temporären Fisteln geschah das Umgekehrte: es sind blos diejenigen Fälle angeführt worden, wo nach Fütterung die Absonderung staute, obschon sich leicht voraussetzen liesse, dass bei vorhandener Absonderung gefütterter Thiere mit temporären Fisteln Abweichung der Drüsenthätigkeit von der Norm nachzuweisen wäre. Ausser der im Beginn dieser Abhandlung mitgetheilten Beobachtung wollen wir

Digitized by Google

blos auf eine von Heidenhain in seiner letzten Abhandlung vorgeführte Beobachtung hinweisen. Es wurde dem Thiere mit einer temporären Pancreasfistel Nahrung künstlich in den Magen eingeführt — die bis dahin vorhandene Absonderung blieb unverändert. Man könnte dabei einwenden (wie es auch Heidenhain thut), dass wegen des pathologischen Zustandes der Magendarmschleimhaut die Reizwirkung der Nahrung ausgeblieben sei. Dem ist aber schwerlich so. Wir glauben im Gegentheil, dass die Unwirksamkeit der Nahrung nur durch eine Aenderung in der Drüsenthätigkeit bedingt wurde. Wodurch wird in der That die Absonderung angeregt, wenn der physiologische Erregungsort unwirksam ist? Offenbar wird die Absonderung in diesem Falle durch abnorme Erregungsquellen eingeleitet. Es ist leider aus Heidenhain's Mittheilung nicht ersichtlich, ob dies der einzige Versuch mit negativem Erfolg oder der einzige derartige Versuch überhaupt gewesen.

Als zweites Prüfungsmittel für den relativen Werth beiderlei Fistelarten dient das Atropin.

Auch dies Mittel spricht zu Gunsten constanter Fisteln. Denn in der That, wir glauben durch unsere Versuche auf das entschiedenste nachgewiesen zu haben, dass das Atropin auf die Absonderung an constanten Fisteln stets wirksam gewesen. In dieser Hinsicht hat sich auch die volle Analogie der Bauchspeichelabsonderung mit derjenigen der Speicheldrüse erwiesen, indem hier wie dort die Absonderung durch das Atropin unterbrochen wird. Somit gewinnt das Atropin eine neue Erweiterung seiner Hemmungswirkung auf secretorische Apparate.

Indem wir unsere Controllmittel: die Fütterung und das Atropin in mehreren Versuchen nacheinander angewandt hatten, durch erstere Förderung, durch letztere hingegen Hemmung der Absonderung erzielten, so bleibt uns auch kein Zweifel mehr übrig, dass die Thätigkeit der Bauchspeicheldrüse bei constanten Fisteln eine qualitativ normale sei, wenngleich etwaige quantitative Unterschiede bei dieser Untersuchungsmethode unvermeidlich sind.

Für die Werthbestimmung temporärer Fisteln scheint das Atropin nicht gerade günstig zu sein, soweit sich nach Landau's unbestimmten Erfolgen beurtheilen lässt.

Soll man die parallele Abschätzung constanter Fisteln mit temporären hinsichtlich ihres relativen experimentellen Werthes

Digitized by Google

weiter verfolgen, so ist klar, dass, wenn man Bernstein's Versuche mit der Vagusreizung sowohl, als sämmtliche Reizversuche an sensiblen Nerven als beweiskräftig für die Aufklärung der Normalinnervation des Pancreas annimmt, so wird durch Landau's gegen Bernstein sprechende Experimente ein neuer Beweis geliefert, dass temporäre Fisteln für Untersuchungen über die Innervation des Pancreas ungeeignet sind.

Offenbar ist durch unsere vergleichende Kritik nicht im entferntesten gemeint, es sollten die temporären Fisteln vollkommen verworfen werden. Wir wollen blos aufmerksam machen, wie sehr man vorsichtig sein müsste bei der Abschätzung der durch diese Methode gelieferten Ergebnisse. Es kommen ohne Zweifel auch an temporären Fisteln Fälle vor (dieselben sind sogar schon mitgetheilt worden), wo die Innervation des Pancreas sich qualitativ normal verhält, wo sowohl Abhängigkeit der Absonderung von der Fütterung, als auch Hemmung derselben durch Atropin und sensible Reize vorhanden sind. Nur müssen solche Fälle von denjenigen streng unterschieden werden, wo die Absonderung von erwähnten Einflüssen unabhängig ist.

Wir vermissen leider in Heidenhain's Beobachtungen über den Einfluss des Rückenmarks auf die Bauchspeichelabsonderung Beobachtungen an atropinisirten Thieren. Es wäre leicht möglich, dass die Verstärkung der Absonderung nur diejenigen Fälle betreffe, in denen später die Hemmungswirkung des Atropins sich äusserte.

Nicht ganz unmöglich wäre es, dass die Fälle, in denen die Pancreasabsonderung unabhängig von Normalreizen vor sich geht (an temporären sowohl, als an constanten Fisteln), als analog mit der paralytischen Speichelabsonderung, als Erfolg einer inneren Drüsenthätigkeit betrachtet werden dürften. Dafür scheint Heidenhain's Fall zu sprechen, wobei das in den Magen eingeführte Fleisch die Absonderung nicht ändert. Der Unterschied mit dem Mundspeichel wäre ein blos zeitlicher, indem die paralytische Mundspeichelabsonderung erst einige Tage nach Nervendurchschneidung sich einstellt, am Bauchspeichel kann dieses sofort nach Beseitigung der Nerven geschehen. Dieser quantitative Unterschied ist jedoch kein wesentlicher. Anderseits bekommt unsere Voraussetzung eine Stütze in Bernstein's Versuchen, aus denen die genannte innere Drüsenthätigkeit bei durchschnittenen Nerven der

Digitized by Google

paralytischen Mundspeichelabsonderung vollständig klar ersichtlich ist. Sollte die Menge der Bauchspeichelabsonderung als Einwand gegen die vorausgesetzte Analogie mit dem Mundspeichel gelten, so besitzt man doch Angaben über enorme paralytische Mundspeichelmengen. Ob eine solche Analogie zwischen Bauch- und Mundspeicheldrüsen wirklich stattfinde, würde möglicherweise durch Atropinisirung während beiderlei paralytischer Absonderung zu entscheiden sein. —

Zum Schluss ist es uns eine angenehme Pflicht, dem Herrn Prof. Dr. E. Cyon unseren innigen Dank auszusprechen, für die Rathschläge, mit denen er auf die liebenswürdigste Weise uns bei der Ausführung unserer Untersuchungen in seinem ehemaligen Laboratorium an der hiesigen medicinisch-chirurgischen Akademie stets unterstützt hat.

(Physiologisches Laboratorium des Herrn Prof. Goltz in Strassburg i. E.)

Aus einem Briefe an den Herausgeber.

Ein Vorlesungsversuch mittelst des Fernsprechers (Telephons).

Von

Prof. **Fr. Goltz.**

Der Fernsprecher, dessen Beschreibung jetzt die Runde durch alle öffentlichen Blätter gemacht hat, lässt sich auch zu physiologischen Versuchen verwerthen. Sobald ich Näheres über die Zusammensetzung dieser Vorrichtung erfahren hatte, fiel mir ein, ob die Induktionsströme, welche in derselben wirksam sind, geeignet sein möchten, Nerven und Muskeln zu reizen. Nachdem ich mir daher einen Fernsprecher verschafft hatte, habe ich mit Unterstützung des Herrn Dr. Gaule die nöthigen Versuche angestellt und meine Erwartungen bestätigt gefunden. Heute haben wir diese Versuche mit bestem Erfolge in meiner Vorlesung wiederholt.

Digitized by Google

Schaltet man in die Leitung des Fernsprechers zwei nadelförmige Elektroden, über welche man den Nerv eines stromprüfenden Froschschenkels brückt, so zucken die Muskeln des Präparats, sobald ein kräftiger Schall die Membran des Apparats in Bewegung versetzt. Ruft man die Selbstlauter gegen die Membran hin, so zucken die Muskeln sehr kräftig, wenn a, o oder u angegeben werden, dagegen weniger kräftig, wenn e oder i in derselben Tonhöhe und Stärke erklingen. Spricht man die deutschen Zahlwörter eins, zwei, drei u. s. w., so zuckt das Präparat nach jedem Wort, doch mit ungleicher Stärke. Am schwächsten ist die Zuckung nach dem Zahlwort „sieben“ oder fällt wohl ganz aus. Auch nach dem Ruf „vier“ ist die Zuckung nur schwach, während die übrigen Zahlwörter mit mehr oder weniger kräftigen Bewegungen beantwortet werden.

Fügt man die primäre Rolle eines Du Bois'schen Schlittens in die Leitung des Fernsprechens ein, so sind die Ströme, welche dann in der sekundären Rolle inducirt werden, ebenfalls geeignet, um Muskelnerven des Frosches zu reizen. Man kann sogar die sekundäre Rolle bei dieser Anordnung so weit verschieben, dass nur noch der Rand der sekundären Rolle gerade den Rand der primären Rolle überdeckt, und doch sind die Ströme in der sekundären Rolle noch wirksam genug, Tetanus auszulösen, wenn man einen Schall erzeugt. Zu allen diesen Versuchen genügt die Anwendung einer einzigen Röhre des Fernsprechers. (Der vollständige Apparat besteht bekanntlich aus zwei durch die Leitung verbundenen einander völlig gleichen Röhren.) Die Ströme, welche, wie mitgetheilt, Muskelnerven so leicht in Tetanus versetzen, verursachen durch die Spitze der menschlichen Zunge geleitet keine Empfindung. Es gelang uns auch nicht mittelst des Fernsprechers den Vagus des Frosches so weit zu erregen, dass eine Aenderung der Schlagfolge des Herzens bemerkbar gewesen wäre. — Eine Hälfte des Bell'schen Fernsprechers, wie ich ihn benutzt habe, kostet hier 6 Mark, und ist also die Anschaffung zu Vorlesungsversuchen wohl zu empfehlen.

Digitized by Google

(Aus dem physiologischen Laboratorium in Zürich.)

Untersuchungen über die Actionsströme des Muskels.

Von

L. Hermann.

1. Vorbemerkungen, Plan der Untersuchung, Einführung einiger Benennungen.

Die erstentdeckte galvanische Erregungserscheinung am Muskel, nämlich die negative Schwankung des Längsquerschnittsstroms, konnte dadurch erklärt werden, dass man den electromotorischen Elementen des Muskels eine Kraftabnahme bei der Thätigkeit zuschrieb [1]). Als aber die sog. Parelectronomie gefunden war, und sich herausstellte, dass auch stromlose Muskeln bei der Erregung eine galvanische Wirkung zeigen, war jene Theorie nicht mehr ausreichend; es wurde jetzt angenommen, dass die vermeintlichen parelectronomischen Molekeln am Faserende, welche den Muskelstrom mehr oder weniger compensiren, an der Erregungsschwankung nicht Theil nehmen, etwa wie ein fremder compensirender Strom [2]). Endlich als die Erregungsschwankung unversehrter Muskeln schwächer und von anderem zeitlichen Verlauf gefunden wurde als diejenige angeschnittener Muskeln, wurde auch den parelectronomischen Molekeln eine negative Kraftschwankung zugeschrieben, aber von kleinerem Betrage als die der normalen [3]).

Die von mir aufgestellte Alterationstheorie [4]) führt die negative Schwankung des Längsquerschnittsstroms darauf zurück, dass

1) Vgl. du Bois-Reymond, Untersuchungen über thierische Electricität II. 1. p. 128.

2) du Bois-Reymond, a. a. O. II. 2. p. 147.

3) du Bois-Reymond, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1873. p. 548.

4) Diese in einer früheren Arbeit eingeführte Bezeichnung meiner Theorie scheint mir bezeichnender als das in der 6. Auflage meines Grundrisses der Physiologie gebrauchte Wort „Differenztheorie".

Digitized by Google

Erregung und Absterben den Faserinhalt in gleichem Sinne verändern. Zur Erklärung des Actionsstroms unversehrter Muskeln muss die Alterationstheorie grade wie die Molecular theorie die Annahme machen, dass das natürliche Faserende in vermindertem Maasse an der Erregungsveränderung Theil nimmt. Während nun die Molecular theorie diese verminderte Theilnahme auf ihre parelectronomischen Molekeln beschränkt, hatte ich vor 9 Jahren die Vermuthung ausgesprochen, dass die Abnahme sich auf die ganze Strecke, welche die Erregung zu durchlaufen hat, vertheilt; ich gab damals den Plan zu entscheidenden Versuchen über diesen Punct an [1]), konnte dieselben aber nicht ausführen weil meine privaten Versuchsmittel dazu nicht ausreichten. Solche sind später von Bernstein [2]) und neuerdings von du Bois-Reymond [3]) angestellt worden. Die Behauptung des ersteren, dass die Erregung bei der Leitung abnehme, soll nach letzterem nur für den ermüdeten und absterbenden Muskel richtig sein. du Bois-Reymond behauptet ausserdem, dass selbst wenn eine Abnahme stattfände, eine Anzahl galvanischer Erregungserscheinungen durch meine Theorie doch nicht erklärt werden könnte.

Obwohl nun diese letzteren Einwände sich bei näherer Prüfung als hinfällig erweisen (vgl. unten), so war ich doch ganz bereit, auf du Bois-Reymond's thatsächliche Angaben hin die Vermuthung einer Abnahme der Erregungswelle bei der Leitung als eine irrige anzusehen, und demnach die verminderte Theilnahme der Faserenden ganz wie die Molecular theorie durch unbekannte Umstände an den Enden selber zu erklären, — womit ja die Alterationstheorie nicht im mindesten erschüttert war. Vorher aber unternahm ich nach verschiedenen Methoden eingehende Untersuchungen über den fraglichen Punkt. Fast wider Erwarten fand ich dabei nicht allein meine damalige Vermuthung betr. die Abnahme der Erregungswelle vollkommen bestätigt, sondern auch noch zahlreiche andere Thatsachen, welche sich durch keine andere als die von mir aufgestellte Theorie erklären lassen.

Die Untersuchung, welche hier mitgetheilt wird, nimmt fol-

---

1) Untersuchungen zur Physiologie der Muskeln und Nerven. III. Heft. Berlin 1868. p. 60 f.

2) Untersuch. über den Erregungsvorgang etc. Heidelberg 1871. p. 64.

3) Arch. f. Anat. u. Physiol. 1876. p. 369 ff.

Digitized by Google

genden Gang. Zuerst wird untersucht, ob die Erregungswelle bei der Leitung im Muskel eine Abnahme erfährt oder nicht; zweitens wird die Frage gestellt, ob und welche Actionsströme bei totaler directer Reizung des Muskels auftreten; drittens wird der Sitz der electromotorischen Kraft des Actionsstroms im Muskel sowohl bei directer als bei indirecter Reizung aufgesucht; viertens werden alle bekannten Formen des Actionsstroms auf die electromotorische Kraft zwischen erregtem und ruhendem Faserinhalt zurückgeführt.

Zuvor möge es mir gestattet sein, der Kürze halber einige einfache Benennungen einzuführen. Die du Bois'sche Terminologie der negativen und positiven Schwankung würde, selbst wenn die Anschauungen, die der Betrachtung zu Grunde gelegt sind, richtig wären, sich nicht mehr empfehlen; sie ist für alle Betrachtungen am unversehrten Muskel schwerfällig, nirgends unzweideutig ohne Definition von Fall zu Fall, und besonders complicirt durch die Unterscheidung des absoluten und des relativen Vorzeichens. Ich ziehe es vor, alle durch Erregung entstehenden galvanischen Ströme, wie schon früher [1]), als Actionsströme zu bezeichnen. Den Ruhestrom, dessen electromotorische Fläche ich durchgehends in der „Demarcationsfläche" zwischen ruhendem und absterbendem Faserinhalt sehe, nenne ich den Demarcationsstrom. Den Actionsstrom durch Erregung des lebenden Faserantheils nenne ich „ausgleichenden" Actionsstrom; er bildet den einzigen Fall, in dem ich von „negativer Schwankung" des Ruhestroms oder Demarcationsstroms spreche. Die Richtung eines Stroms in einer Muskelfaser, in ihrer Beziehung zum natürlichen Faserende, zum künstlichen Querschnitt oder zur Nerveneintrittsstelle, bezeichne ich mit den Ausdrücken „abterminal, atterminal, ab- und admortal, ab- und adnerval" [2]) (also der Demarcationsstrom ist abmortal, und der ausgleichende Actionsstrom admortal gerichtet). Actionsströme, welche auf Abnahme der Erregungswelle beruhen, nenne ich „decrementielle", endlich solche welche (bei Einzelerregung) in ungleicher Phase der Erregungswelle an beiden Ableitungsstellen ihre Ursache haben, „phasische" Actionsströme.

---

1) Untersuchungen etc. III. p. 61.

2) Die vielleicht manchem sympathischeren Ausdrücke terminofugal, terminopetal etc. sind zu lang.

Digitized by Google

2. Die Erregungswelle nimmt im ausgeschnittenen Muskel bei der Fortpflanzung durch die Muskelfaser ab.

Der directeste Versuch, welcher darüber entscheidet, ob die Erregungswelle bei der Fortleitung ihre Grösse behält oder ändert, besteht, wie ich schon früher (a. a. O.) andeutete, darin, von zwei symmetrischen Längsschnittspuncten eines regelmässigen curarisirten Muskels zur Boussole abzuleiten, und das eine oder das andere Ende des Muskels direct zu reizen. Findet eine Veränderung der Reizwelle statt, so muss sich ein decrementieller oder ein incrementieller Actionsstrom zeigen; ersterer muss der Fortpflanzungsrichtung der Erregung gleichsinnig, letzterer ihr entgegengesetzt gerichtet sein (die letztere Stromrichtung werde ich der Kürze halber als „gegenläufig" bezeichnen; der Ausdruck „gleichläufig" für den decrementiellen Strom ist entbehrlich). Du Bois-Reymond, welcher diesen Versuch ausgeführt hat[1]), erhielt folgendes Resultat: Am Sartorius waren die Ströme stets decrementiell, an leistungsfähigeren Muskeln ebenfalls bei längerer Dauer des Versuchs, zu Anfang dagegen „manchmal positiv („gegenläufig"), nicht selten doppelsinnig"; die Wirkungen waren stets nur klein (5—10 sc., die decrementiellen 20—30, selten 70—80 sc.).

In gewissen Versuchen, welche dem hier in Rede stehenden sehr analog sind (vgl. unten sub 4), hatte ich hiervon sehr abweichende Resultate erhalten und wurde dadurch veranlasst den obigen Versuch in der gleichen Form wie du Bois-Reymond anzustellen.

Als Präparat benutzte ich hauptsächlich, wie zu zahlreichen Versuchen späterer Abschnitte, die beiden, an der Symphyse mit einander zusammenhängenden, unversehrten Adductores magni. Ueber Präparation und Befestigung s. unten p. 218 f. — Die Ableitung zur Boussole und die Zuleitung der erregenden Ströme geschah nicht, wie bei du Bois-Reymond, mit Thonspitzen, sondern mit Hanfschnüren, die mit $^3/_4$ procentiger Steinsalzlösung getränkt sind. Die zuerst von Meissner angewandte Ableitung mit feuchten Fäden bietet für Schwankungsversuche in der That ungemeine Vortheile, wenn die Ableitung an Stellen in der Continuität des Muskels geschehen soll; kein anderes Verfahren schützt in gleichem Maasse vor Verschiebung der Ableitungsstellen; für die Reizströme ist ferner die Zuleitung mittels eines den Muskel

1) A. a. O. 1876. p. 369 f.

Digitized by Google

umschlingenden Ringes, mit Bezug auf die Verbreitung von Stromesschleifen in den extrapolaren Bereich, der einseitigen Zuleitung mit Spitzen bei weitem vorzuziehen (s. auch unten). Der grössere Widerstand, den die Fäden in den Boussolkreis einführen, wird durch die Ableitung von allen Puncten der Circumferenz gewiss reichlich aufgewogen, und ist für einen gewissen Zweck (s. sub 4) sogar nützlich. Die Tränkung der Fäden mit Kochsalzlösung (statt des Eiweisses von Meissner) beseitigt fast alle von du Bois-Reymond[1]) dem Meissner'schen Verfahren gemachten Vorwürfe (der Rest bezieht sich speciell auf gewisse Versuche am Gastrocnemius). Ich benutze gewöhnlichen Bindfaden, den ich in Kochsalzlösung einweiche, aufdrehe und in mässig dicken Strängen verwende (den feinen Wollfäden Meissner's vorzuziehen). Die Fäden werden genau transversal mässig fest umgeschlungen und beide freie Enden entweder um den passend geformten Thonansatz einer Röhrenelectrode gewickelt und eingedrückt, oder in die Band XV. p. 198 dieses Archivs von mir beschriebene Zangenelectrode, zwischen Ebonitbacke und Zinksulphatleder eingeklemmt. Solcher Fäden wurden dem einen Adductor sechs angelegt, zwei in der Mitte, etwa 9—13 mm von einander entfernt, und je zwei, etwa 6—8 mm bespannende Paare den beiden Enden (der oberste Faden umschlingt die Symphyse; statt des untersten wurde häufig die Tricepsaponeurose, die dem Präparat belassen war, in eine Electrodenzange gefasst). Ausser den Adductores wurden auch Präparate benutzt, welche aus beiden Graciles, oder aus den Graciles und Semimembranosi, endlich aus den vier langen Innenmuskeln des Oberschenkels (ausser den vorgenannten auch Semitendinosus und Adductor magnus) bestanden. Stets hingen die Muskeln beider Oberschenkel an der Symphyse zusammen. Mit Ausnahme einiger weniger (deren Resultat übrigens das gleiche war), betrafen alle Versuche curarisirte Muskeln.

In weitaus der Mehrzahl dieser sehr zahlreichen Versuche trat im Tetanus ein kräftiger decrementieller Strom auf, und

---

1) Monatsber. d. Berliner Acad. 1867. p. 579; Arch. f. Anat. u. Physiol. 1871. p. 588. [Neuerdings hat du Bois-Reymond wenigstens für einen Fall die Fadenableitung zugelassen, nämlich wo es darauf ankam, von einem frei beweglichen Muskelende abzuleiten; vgl. Gad, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1877. p. 48 f. — Nachträgl. Zusatz.]

Digitized by Google

zwar von ziemlich gleicher Stärke bei beiden Lagen des in den primären Kreisen befindlichen Stromwenders (die abgeleitete Strecke empfing also nur höchst unbedeutende, den Versuch nicht beeinträchtigende Stromschleifen, selbst bei ganz aufgeschobener Inductionsrolle). Beginnt man mit den schwächsten Strömen, so tritt der Actionsstrom eher auf als sichtbare Contraction [1]). Die Ströme besassen viel grössere Intensität als sie du Bois-Reymond angiebt;. während er Ablenkungen von 70—80 sc. als ein selten vorkommendes Maximum beobachtete, betrug bei mir die Ablenkung bei mässiger Reizung bis zu 100, bei stärkster bis zu 600 Scalentheilen. Meine Empfindlichkeit war schwerlich grösser als die seinige (die Kraft W 200, c 500 (= 0,00485 Dan.) lenkte in diesen Versuchen um etwa 150—250 sc. ab, so dass also in Daniells ausgedrückt die obigen Ablenkungen Werthen von 0,002 bis 0,02 D. entsprachen).

Die Ursache meiner so viel höheren Ablenkungen kann ich nur in der Anwendung der Fadenableitung suchen. Vor Allem musste du Bois-Reymond, der den Muskel mittels seitlich angelegter Thonspitzen reizte, sich sicherlich, um störende Stromschleifen zu vermeiden (die durch diese Zuleitungsart sehr begünstigt sind), mit viel schwächeren Reizströmen begnügen als ich. Ferner ist auch der Widerstand des Boussolkreises in meinen Versuchen möglicherweise geringer gewesen als in den seinigen (vgl. oben). Erwähnt mag werden, dass in den Versuchen am Adductor magnus die Ablenkungen im Allgemeinen stärker erschienen, als beim Gracilis und Semimembranosus; es kann dies Zufall sein, aber auch von der Inscriptio der letzteren Muskeln herrühren, welche den Spielraum für Abnahme der Welle verkürzt.

Gegenläufige Ströme, welche nach du Bois-Reymond am frischen Muskel die regelmässige Erscheinung sein sollen, traten bei mir nur in sehr wenigen Fällen auf. Natürlich musste der Umstand, dass sie überhaupt jemals auftreten können, mich im höchsten Grade argwöhnisch machen, zumal da meine Resultate mit denen eines so erfahrenen Forschers in thatsächlichem Widerspruch standen. Man konnte ja denken, dass ich in der grossen

1) Entsprechend erlischt auch bei der Erschöpfung des Muskels die sichtbare Verkürzung früher als der Actionsstrom; vgl. du Bois-Reymond, a. a. O. 1873. p. 533.

Digitized by Google

Mehrzahl der Fälle absterbende und nur in jenen wenigen Ausnahmsfällen normale Muskeln vor mir hatte. Aber bis zum Ueberdruss fortgesetzte Wiederholungen der Versuche überzeugten mich, dass dem keineswegs so sei.

Von vornherein auszuschliessen sind diejenigen, übrigens nur bei stärkster Reizung vorkommenden Fälle, wo Stromschleifen schwache gegenläufige Ablenkung hervorbringen. Dieselbe ist dann immer nur ein rascher Vorschlag zu der viel langsameren decrementiellen Ablenkung; die Erscheinung tritt nur bei der einen Wippenlage ein, und die die Oberhand behaltende decrementielle Ablenkung ist bei beiden Wippenlagen sehr verschieden gross, weil sich die Stromschleife das eine Mal addirt, das andere Mal subtrahirt. Solche Fälle sind also ganz unverkennbar, und bei Vermeidung allzustarker Ströme leicht zu vermeiden.

Eine zweite Ursache gegenläufiger Ablenkungen ist Verziehung des nicht straff genug ausgespannten Muskels bei der Contraction. Ich wurde auf diese Ursache zuerst dadurch aufmerksam, dass in einem Falle, wo gegenläufige Ablenkung auftrat, der Muskel einmal ausriss, und nach Wiederherstellung des Versuchs nur decrementieller Strom da war; es zeigte sich, dass jetzt der Muskel zufällig straffer gespannt war, und ich konnte an diesem und an einigen andern Präparaten durch Ab- und Anspannen die Erscheinung beliebig hervorrufen und unterdrücken. Diese Ursache scheint die relativ häufigste zu sein, und erklärt es, dass zuweilen der gegenläufige Ausschlag sich erst im Laufe des Versuches einstellt, nämlich wenn die Zusammenziehungen die Befestigung etwas gelockert haben, zuweilen umgekehrt dem decrementiellen allmählich Platz macht, nämlich wenn die Verkürzungen durch Ermüdung geringfügiger werden, dass endlich der gegenläufige Ausschlag relativ oft als Vorschlag zu einer decrementiellen Ablenkung auftritt, indem nämlich die Verziehung im Beginn des Tetanus am stärksten ist und schnell nachlässt; wenn in solchen Fällen ein Assistent den Muskel beobachtet, so zeigt sich, dass die Umkehr des Magneten mit dem Nachlass der Verkürzung zusammenfällt.

Die Fälle endlich, wo bei genügend starker Spannung des Präparats statt decrementieller gegenläufige Ablenkung vorkam, sind unter meinen zahlreichen Versuchen verhältnissmässig wenige, und diese sämmtlich den Adductor magnus betreffend.

Aber zwei Umstände zeigten schlagend, dass auch in diesen

Digitized by Google

Ausnahmsfällen nicht davon die Rede sein konnte, dass die gegenläufige Ablenkung die normale, die decrementielle die Absterbeerscheinung sei. Erstens nämlich war in beiden Fällen die sehr schwache gegenläufige Ablenkung nur bei Reizung des Einen, und zwar jedesmal des unteren Muskelendes vorhanden, während gleichzeitig die obere Reizung viel stärkere decrementielle Ablenkung gab. (In allen Versuchen wurde systematisch abgewechselt in der Reihenfolge: oben R 1, unten R 1, unten R 2, oben R 2.) Zweitens war jedes Mal die gegenläufige Ablenkung an schwache Reizung gebunden, ging bei starker Reizung in decrementielle über, und kehrte bei schwacher Reizung regelmässig wieder.

Offenbar kann nicht daran gedacht werden, dass die decrementiellen Ablenkungen in diesen Fällen von Ermüdung oder Absterben herrühren. Denn die Muskelstrecke a b kann doch nicht die von der Seite a kommende Erregungswelle normal ungeschwächt oder gar anschwellend durch sich hindurchlassen, während sie unmittelbar vorher und nachher die von der Seite b herkommende Welle wegen Absterbens nur mit Verlust hindurchgehen lässt. Ferner kann doch nicht eine Muskelstrecke, die eben noch (bei starker Reizung) die decrementiellen Erscheinungen des Todes gezeigt hat, unmittelbar darauf bei schwacher Reizung sich wieder ganz normal verhalten!

Auch kann nicht daran gedacht werden, dass in den erwähnten Fällen, wo also sowohl obere als untere Reizung absolut gleichsinnigen (absteigenden) Actionsstrom ergab, dieser nur von den Enden herrührte, und der eigentliche durch Veränderung der Wellengrösse bedingte Actionsstrom Null war; denn die Ablenkung betrug bei unterer Reizung nur wenige Scalentheile, bei oberer (mit gleicher Reizintensität) war sie dagegen höchst ausgiebig.

Unzweifelhaft war auch in diesen Fällen, wie in sämmtlichen anderen, ein decrementieller Actionsstrom vorhanden, der aber bei unterer Reizung mit schwächeren Strömen durch eine absteigende Kraft übercompensirt wurde; höchstwahrscheinlich war diese Kraft auch bei oberer Reizung vorhanden, wo sie aber den decrementiellen Strom nur verstärken konnte. Ich kann den Ursprung dieser Kraft in nichts anderem vermuthen als in einer absteigenden Stromesschwankung des wahrscheinlich verletzten unteren Muskelendes, deren wirksamer Stromzweig bei schwächeren Reizen einen grösseren, bei stärkeren einen geringeren Betrag hatte als der nor-

Digitized by Google

male decrementielle Actionsstrom. Jedenfalls sind diese Ausnahmsfälle ebensowenig dazu angethan die du Bois'sche Aufstellung zu unterstützen, wie die zahlreichen anderen Versuche.

Selbst mit Einschluss der Versuche, wo durch Verziehung gegenläufige Ablenkungen vorkommen, ist mir niemals ein Fall begegnet, wo gegenläufige Ablenkung von beiden Reizstellen aus erfolgt wäre. Da ich nämlich stets zwei Muskeln im Zusammenhang anwandte, fand die Verziehung stets nach dem unteren, absolut festen Muskelende statt, und konnte also nur Einmischung eines absteigenden Actionsstroms begünstigen, der nur bei unterer Reizung gegenläufigen Strom vortäuschte. — Wenn du Bois-Reymond wirklich gegenläufige Ablenkungen gleichzeitig von beiden Reizstellen aus gesehen hat (ausdrücklich sagt er es nicht), so vermag ich diese sehr bedeutende Divergenz unsrer Resultate nicht aufzuklären; hat er sie nur einseitig gesehen, so beweist sie gar nichts.

Uebrigens machen die Angaben du Bois-Reymond's den Eindruck, dass auch bei ihm die decrementielle Ablenkung die Regel war. Rein gegenläufige sah er „manchmal"; etwas häufiger gegenläufigen Vorschlag zu decrementieller Ablenkung. Auffallend bleibt, dass er den beweisendsten Fall, nämlich keine Ablenkung trotz kräftiger Zusammenziehung, anscheinend nie gesehen hat (ich sah umgekehrt häufig decrementielle Ablenkung bei unzureichender Reizstärke, s. oben). Unbegreiflich war es mir, dass du Bois-Reymond über das Ausbleiben der decrementiellen Ablenkung beim Gracilis so leicht hinweggeht. Hier musste doch nach seiner eigenen Theorie eine von der Reizstelle weg gerichtete Kraft auftreten, da er die Inscriptio zwischen den Electroden hatte, und bei der einseitigen directen Reizung nur die eine Abtheilung des Muskels sich contrahirte. Wo blieb also die Schwankung der betr. Faserenden an der Inscriptio?!

Du Bois-Reymond wagt nicht, die gegenläufige Ablenkung auf Zunahme der Welle zu deuten, die auch gar zu undenkbar wäre; er giebt also zu, dass eine unerklärte (nach ihm mit der Zeit schwindende) Störung da ist. Dann fehlt aber das Recht zu dem Schluss, dass der decrementielle Actionsstrom im Anfang mangelt, da er ja ebensogut durch die unbekannte Störung verdeckt sein kann. In der That giebt es noch einige Möglichkeiten, die bei dem ausnahmsweisen Vorkommniss ins Spiel kommen

Digitized by Google

könnten, z. B. Mitwirkung fremder Anhänge, die allmählich absterben; ferner würde ein Nerv beim entsprechenden Versuch einen gegenläufigen Strom durch das Ueberwiegen des Anelectrotonus zeigen (dass etwas Aehnliches beim Muskel existirt, habe ich neuerdings gefunden [1]); doch spielte es wenigstens in meinen Versuchen wie man sieht keine Rolle); solche Möglichkeiten müssten vor jenem wichtigen Schluss immerhin erst beseitigt werden. Die Einmischung der Nerven bei nicht curarisirten Muskeln vermehrt die Möglichkeit der Störungen, und es ist nicht ganz undenkbar, dass dieselbe unter Umständen bei gewissen Reizstärken, bei denen die direct erregte Reizwelle schon vor der nächsten Electrode erlischt, einen selbstständigen Actionsstrom hervorruft. Es ist nicht klar zu ersehen, einen wie grossen Theil seiner Versuche du Bois-Reymond ohne Curare angestellt hat. Bei Versuchen über Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Muskelwelle ist dies gleichgültig, sobald man sich überzeugt hat, dass Curare die Zahlen nicht wesentlich ändert. Wo aber Versuche zwischen Ja und Nein entscheiden sollen, können nur solche mitzählen, die von jeder bekannten Fehlerquelle frei sind.

Du Bois-Reymond hält die Abnahme der Welle bei der Erregung für eine Unzweckmässigkeit; zwar seien solcher Unzweckmässigkeiten im Muskel schon mehrere entdeckt, „um so abgeneigter werden wir der Annahme fernerer Unzweckmässigkeiten der Art sein“ [2]). Ich sollte meinen, die Entdeckung gewisser Unzweckmässigkeiten müsste im Gegentheil dringend vor der Annahme warnen, dass man nur Zweckmässiges zu erwarten habe! Dieser Grund ist also nichts weniger als massgebend.

Ich halte es demnach durch meine Versuche für sicher festgestellt, dass die Erregung während der Fortleitung im ausgeschnittenen Muskel abnimmt, wie es schon Bernstein nach der Beobachtung der phasischen Actionsströme an seinem Rheotom behauptet hatte [3]). Uebrigens zeugen hierfür auch die Erfahrungen bei Zuckungsver-

---

1) Ich werde demnächst neue Untersuchungen über electrotonische Erscheinungen am Muskel mittheilen.

2) A. a. O. 1876. p. 366.

3) du Bois-Reymond spricht diesen Versuchen die Beweiskraft ab, und ebenso seinen eigenen Rheotomversuchen über den gleichen Punkt, auf die ich deshalb nicht eingehe.

Digitized by Google

suchen. Ich habe in meiner Untersuchung über die Geschwindigkeit der Erregungsleitung im Muskel[1]) nicht bloss deshalb für die entferntere Reizstelle stärkeren Reiz angewandt, weil ich „die Abnahme der Zuckungswelle als ausgemacht ansah" (so meint du Bois-Reymond, a. a. O. p. 369), sondern weil derselbe erforderlich war, um gleich starke Verdickung wie von der näheren Reizstelle aus zu erhalten. Nun habe ich freilich damals an Sartorien experimentirt; aber mögen dieselben noch so vergänglich sein, so ist doch nicht anzunehmen, dass sie gleich im Anfang des stundenlangen Versuches durch Absterben abnorm gewesen seien. Die analoge Erfahrung Bernstein's am Gracilis und Semimembranosus ist freilich, wie du Bois-Reymond mit Recht betont, wegen der übersehenen Inscriptionen nicht beweiskräftig.

Noch einige Bemerkungen über den zeitlichen Verlauf der decrementiellen Actionsströme. Die Bewegung ist im Allgemeinen um so langsamer je kleiner die Ablenkung ist; bei grossen Ablenkungen ist sie anfangs schnell, es folgt aber dann eine langsame Zunahme der Ablenkung, endlich wird ein Maximum erreicht, auf welchem der Magnet, besonders wenn der Muskel noch frisch ist, einige Zeit zu verweilen pflegt, ehe er, noch während der Reizung, umkehrt; der Rückgang ist mässig, und wird durch Aufhören der Reizung stets sehr entschieden beschleunigt; die bleibende Nachwirkung ist stets gering. Auf die Bedeutung dieser Beobachtungen kommen wir unten zurück.

Es ist zwar höchst wahrscheinlich, dass die Leitung der Erregung im Muskel während des Ueberlebens immer grössere Widerstände findet, — wissen wir doch aus der Erscheinung der idiomusculären Contraction, dass die Fortleitung schliesslich fast ganz ausbleibt, — es wäre also nicht im mindesten zu verwundern, wenn die decrementiellen Ströme im Laufe des Absterbens zunähmen. Aber nicht einmal dieses lässt sich mit Bestimmtheit durch diese Versuche nachweisen, geschweige denn, dass sie sich überhaupt erst im Laufe des Absterbens entwickeln. Niemals habe ich gesehen, dass der decrementielle Actionsstrom im Laufe des Versuches bei gleicher Reizstärke zunahm; vielmehr fand stets Abnahme statt. Dies kann entweder darin seinen Grund haben, dass die Erregbarkeit schneller abnimmt als das Fortleitungsvermögen,

1) Dies Archiv X. p. 50.

Digitized by Google

oder darin, dass das Gesetz der Erregungsabnahme ein complicirteres ist und es mit sich bringt, dass der zwischen die Ableitungsstellen fallende Theil der Curve ein um so schwächeres Gefälle hat, je stärker die Abnahme gleich von der Reizstelle ab ist[1]). Der einzige Umstand, der sich im Sinne eines Wachsthums des decrementiellen Stromes durch Ermüdung deuten liesse, und von dem ich mich wundere, dass ihn du Bois-Reymond, der ihn doch wohl auch bemerkt hat, nicht erwähnt und in diesem Sinne verwerthet, ist der oben angeführte Stillstand des Magneten auf der Höhe der Ablenkung, besonders bei starker Reizung; ja man sieht zuweilen ein leichtes Hin und Her, grade als ob ein mindernder und ein steigernder Einfluss der Ermüdung (s. oben) mit einander kämpften. Während des Tetanus selbst nimmt also jedenfalls das Fortleitungsvermögen für die Erregung rasch ab, aber in der Ruhe scheint es sich schnell wiederherzustellen.

Zu beachten ist übrigens, dass das künstliche Tetanisiren, bei welchem der Muskel zusehends in seinem Fortleitungsvermögen geschädigt wird, vom natürlichen Tetanus wesentlich verschieden ist. Es kann nicht gleichgültig sein, ob die Faser in der Secunde wie bei diesem $19^1/_2$, oder wie bei jenem mehrere Hundert Reize erhält; es ist also keineswegs sehr wahrscheinlich, dass auch beim natürlichen Tetanus das Fortleitungsvermögen leidet; bei indirecter künstlicher Tetanisirung ist es wie bei directer der Fall (vgl. den letzten Paragraphen dieser Abhandlung).

Der natürliche Tetanus ist überhaupt erst wenig untersucht, und die bezüglichen Thatsachen bedürfen der Revision. Nicht bloss über die Schädigung der Leitung während seiner Dauer, sondern sogar über die Existenz des Decrements, des decremen-

---

1) Dies wäre z. B. im Allgemeinen der Fall, wenn das Decrement nicht bloss den Wegelementen, sondern auch der jedesmaligen Reizgrösse proportional ist; es ist dann $-\frac{dr}{dx} = ar$, woraus folgt $r = Re^{-ax}$ (worin R die ursprüngliche, r die variable Erregungsgrösse in der Entfernung x von der Reizstelle ist, und e die Basis der natürlichen Logarithmen). Die Differenz der Erregung an zwei Ableitungsstellen x_1 und x_2 ist dann: $r_1 - r_2 = R(e^{-ax_1} - e^{-ax_2})$ und diese Differenz nimmt ab, wenn der Coefficient a sich (durch Ermüdung) vergrössert (ausser wenn $a < \frac{\lg x_1 - \lg x_2}{x_1 - x_2}$, in welchem Falle die obige Differenz mit zunehmendem a zunimmt).

Digitized by Google

tiellen Actionsstroms, und des Actionsstroms überhaupt, dürfen wir uns hier nicht ganz sicher fühlen (vgl. den Anhang). Ich bemerke ausdrücklich, dass die Angaben der vorliegenden Untersuchung sich nur auf den ausgeschnittenen, circulationslosen, künstlich gereizten Muskel beziehen, auf den Muskel mit einem Wort, an dem so ziemlich sämmtliche Untersuchungen der allgemeinen Muskelphysik angestellt sind. So sicher wie ein solcher Muskel überhaupt Actionsströme zeigt, so bestimmt nimmt auch in ihm die Erregung bei der Leitung ab. Wird dieser Zustand als abnorm bezeichnet, wozu ja grosse Berechtigung ist, so entsteht sofort der gleiche Verdacht hinsichtlich der Gültigkeit aller den Actionsstrom betreffenden Gesetze für das ganz normale Leben, und diesen gewiss nicht überflüssigen Verdacht zuerst angeregt zu haben, ist ein Verdienst der hier angeführten du Bois'schen Untersuchung.

3. An unversehrten Muskeln giebt es, bei Ausschluss wellenartiger Erregungsleitung, keine regelmässigen Actionsströme. Alle Actionsströme sind entweder ausgleichende oder phasische oder decrementielle.

Nachdem festgestellt ist, dass es am frischen so gut wie am absterbenden Muskel decrementielle Actionsströme giebt, ist die nächste Aufgabe, zu untersuchen, ob noch andere Quellen electromotorischer Wirkungen bei der Erregung vorhanden sind. Der erste Schritt hierzu schien die Ausschliessung wellenartigen Fortschreitens der Erregung, d. h. die Untersuchung der Actionsströme bei totaler directer Reizung des Muskels. Ich habe diese Frage schon vor 9 Jahren zu lösen versucht, mich aber mit dem erhaltenen Resultat nicht befriedigt erklären können[1]).

Leider besitzen wir vor der Hand keine andern Mittel den Muskel direct zu tetanisiren als electrische. Selbst bei electrischer Reizung aber ist es nicht absolut sicher, dass wirklich jeder Punct des Muskels gleichzeitig und gleich stark in Erregung geräth. Einmal wird behauptet, dass beim Muskel wie beim Nerven die Erregung von der Cathode resp. Anode ausgeht, zweitens ist selbst

1) Untersuchungen etc. Heft III. p. 62 ff.; am gleichen Ort ist auch ein einschlägiger, jedoch in anderer Absicht angestellter Versuch du Bois-Reymond's erwähnt (vgl. Untersuchungen üb. thier. El. II. 2. p. 342 f.).

Digitized by Google

am curarisirten Muskel nach Kühne die Muskelfaser an der Eintrittsstelle der Nervenfaser erregbarer, so dass man daran denken könnte, dass wenigstens bei mässiger Reizung Erregungswellen von den Nerveneintrittsstellen ausgehen. Es wäre aber ungerechtfertigt sich von vornherein durch diese Bedenken von der Anstellung des Versuches abschrecken zu lassen, denn einmal beruhen beide auf nicht ganz unbestrittenen Dingen; ferner wird das letztere bei starken Reizen keine Rolle spielen; das erstere endlich wird sehr abgeschwächt durch die Erwägung, dass jeder Inductionsschlag nach dieser Theorie einen Doppelreiz darstellt, welcher in jeder Faser zwei sich entgegenkommende, also in den Ungleichzeitigkeitswirkungen sich im Wesentlichen aufhebende Wellen erzeugt, und dass ferner jede Faser ihre besondere Anode und Cathode hat, die bei einem Muskel vom Bau des Gastrocnemius durchaus nicht mit den natürlichen Querschnitten derselben zusammenfallen werden; die Folgen hiervon werden ziemlich die gleichen sein, als ob der Muskel an allen Stellen gleichzeitig erregt würde.

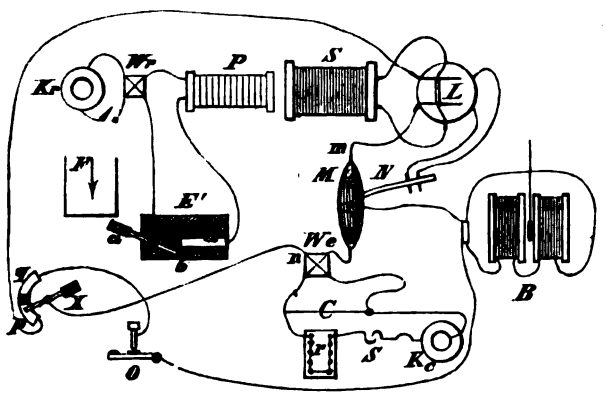
a. Versuche mit Einzelzuckungen.

Die ersten Versuche über die Schwankung bei totaler directer Reizung habe ich schon in diesem Archiv mitgetheilt (Bd. XV. p. 238). Sie wurden mit Einzelzuckungen am Fall-Rheotom angestellt, dessen Leistungsfähigkeit vorher durch die Analyse der indirect erregten doppelsinnigen Gastrocnemiusschwankung erprobt war. Der erste Schritt war totale directe Reizung regelmässiger von Längs- und künstlichem (thermischem) Querschnitt abgeleiteter Oberschenkelmuskeln. Hier zeigte sich regelmässig eine Abnahme des Muskelstromes bei der Zuckung, wie a. a. O. mitgetheilt ist. Nunmehr handelt es sich um unversehrte Muskeln.

Die Methode ist im Wesentlichen schon a. a. O. beschrieben. Kurz sei hier erwähnt, dass die Boussole ohne Dämpfung, mit Hülfsrollen versehen und der sehr leichte Magnet zur Erreichung der höchsten Empfindlichkeit so stark astatisch war, dass der Magnet selbst während einer Versuchsreihe merkliche Wanderungen ausführte; dies ist zwar unbequem, aber bei einiger Uebung für die Versuche durchaus nicht hinderlich. Eine kleine Aenderung der Versuchsanordnung erwies sich vortheilhaft. Anstatt nämlich wie damals (vgl. a. a. O. p. 234, und Taf. II. Fig. 15) den secun-

Digitized by Google

däre Kreis durch den Contacthebel fghi öffnen zu lassen (nach Oeffnung des primären Kreises und vor Boussolschluss), wurde jetzt am Boussolschliesscontact X ein Ruhecontact p angebracht, der das eine Muskelende mit der secundären Spirale verbindet, so dass beim Fall der Hebel X von p auf q vorgerieben wird und dadurch die Umschaltung zur Boussole bewerkstelligt; der Hebel fghi wurde also nicht mehr benutzt. Die Figur verdeutlicht die Anordnung, ohne dass weitere Bemerkungen nöthig sind. (Die Wippe L dient dazu, von directer Totalreizung zu indirecter Reizung überzugehen; vgl. hierüber unten.)



Ferner waren bei den früheren Versuchen Reiz- und Boussolelectroden identisch. Ich fand später in dieser Anordnung ein Bedenken für die Fälle, wo die Ableitung von Längsschnitt und Muskelende geschehen soll; hier nämlich wird zwar die abgeleitete Strecke, aber nicht der ganze Muskel direct gereizt; es konnten sich also Wirkungen einmischen, die von electromotorischen Differenzen des intrapolaren, gereizten, und des extrapolaren, nur indirect erregten Muskelantheils herrührten. Ich machte es deshalb in allen weiteren Versuchen zur Regel, dass der ganze Muskel direct gereizt wurde, und trennte also wenigstens die eine Reizelectrode von der ableitenden, wie es obige Figur zeigt. An einem Muskelende konnte die Vereinigung von Reiz- und ableitender Electrode bestehen bleiben, da in meinen Versuchen die eine Boussolelectrode sich immer an einem Muskelende befand; das Versuchsverfahren hätte die Trennung hier überdies nicht gestattet (das frühere allenfalls, vgl. aber a. a. O. p. 239 Anm.).

Ferner waren einige Erleichterungen durch den augenblicklichen Versuchszweck gestattet. Da es nicht auf Analyse des zeit-

Digitized by Google

lichen Verlaufs, sondern nur auf Feststellung der Existenz und Richtung des Actionsstromes ankam, wählte ich durchweg eine möglichst lange Boussolschlussdauer (Zügelstellung n = 1310, d. h. 0,0053 Sec.), und begnügte mich mit der Reizschieberstellung r = 20 (nur in einigen Versuchen wurde auch r = 30 genommen), d. h. mit dem ersten, intensivsten Theil des Actionsstroms. Die Versuchszeiten waren:

	r = 20	r = 30			
Schliessungsinduction	0,0027,	0,0047	Sec.	vor	Boussolschluss
Oeffnungsinduction	0,0015,	0,0035	„	„	„
Oeffnung des secundären Kreises.	0,0006,	0,0006	„	„	„
Oeffnung des Boussolkreises	0,0053,	0,0053	„	nach	„

Die Schliessungsdauer über $^1/_{200}$ Secunde hinaus zu verlängern, hätte wegen der raschen Abnahme des Actionsstromes wenig Vortheil gehabt, und dabei den Einfluss geringer Ungenauigkeiten der Compensation immer mehr vergrössert.

Endlich sei bemerkt, dass in einer Anzahl von Versuchen statt der raschen Folge von Schliessungs- und Oeffnungsinduction nur die Oeffnungsinduction zur Reizung benutzt, d. h. der Hebel acb vor dem Fall auf Contact eingestellt wurde. Hierdurch wird zwar der Einfluss der Polarisation bedeutend vergrössert, aber ebenso auch die erregende Kraft, da die Ausbildung des inducirenden Stromes bei kurzer Schliessungsdauer (0,0012 Sec.) nicht vollständig ist. Die Kette im primären Kreise war entweder 1 Daniell, oder 1 grosses Bunsen'sches Element, zuweilen aus 2 — 4 Elementen combinirt; die secundäre Spirale war fast stets ganz aufgeschoben.

Zuerst wurde constatirt, dass auch bei Reizung des Muskels in ganzer Länge, und Ableitung vom unteren, mit künstlichem Querschnitt (thermisch) versehenen Abschnitt regelmässig ein absteigender Actionsstrom, eine negative Schwankung des Demarcationsstroms auftritt.

Darauf ging ich zur Untersuchung möglichst unversehrter Muskeln über, deren Actionsstrom vor und nach Anlegung künstlichen Querschnitts verglichen wurde. Als Präparate wurden folgende benutzt: 1. der Gastrocnemius, total gereizt, und entweder von beiden Enden, oder von Achillessehne und einer den Längsschnitt umfassenden Fadenschlinge abgeleitet; 2. der ganze Oberschenkel, nach Wegnahme des Cutaneus; 3. der Oberschenkel

Digitized by Google

nach Wegnahme des Cutaneus, Sartorius, Gracilis, Semimembranosus und Semitendinosus[1]); 4. Gracilis und Semimembranosus; 5. Gracilis allein. Bei 2 und 3 wurde der Knochen im Oberschenkel belassen, wodurch die sonst erforderliche sehr straffe Ausspannung erspart wird. Der Oberschenkel bleibt mit dem Becken und dem andern Oberschenkel verbunden, um alle Muskelstümpfe zu vermeiden. Am Unterschenkel wird der Gastrocnemius sorgfältig von seinen Insertionen abgelöst, wobei jede Verletzung der Oberschenkelmuskeln am Knie zu vermeiden ist; ebenso werden alle übrigen Unterschenkelmuskeln entfernt, die Tibia rein geschabt und die Spannfäden in Fussgelenk und oberes Beckenende eingehakt. Als Reizelectroden dienen zwei das Knie und das Becken umschlingende Fäden; der erstere ist zugleich die untere ableitende Electrode, die obere ist ein die Mitte des Oberschenkels umschlingender Faden. Muskelstümpfe müssen bei diesen Versuchen sorgfältig vermieden werden, weil ihre negative Schwankung sich einmischen würde. Da das untere Ende der Oberschenkelmuskeln zur Ableitung kommt, so ist der Einfluss eines etwaigen Actionsstroms der oberen Enden schon an sich gering; er wird aber durch die Gegenwart und Mitreizung des andern Oberschenkels vollends compensirt. — Die Entwicklung des unteren Demarcationsstroms geschah beim Gastrocnemius durch Bestreichen des Achillesspiegels mit Phosphorsäure, bei den Oberschenkelmuskeln mit Knochen durch einen glühenden Draht, durch den die unteren Muskelenden bis auf den Knochen zerstört wurden, beim isolirten Gracilis und Semimembranosus durch Zerquetschen der untersten Enden mit einer kleinen Backenzange. (Die Herstellung thermischen Querschnitts würde Abnehmen des Präparats aus seinen Verbindungen erfordert haben.) Alle Versuche ohne Ausnahme geschahen an curarisirten Fröschen.

Ich habe auf diese Versuche einen sehr grossen Zeitaufwand und unsägliche Mühe und Anstrengung verwandt, bin aber doch nicht zu einem vollkommen befriedigenden Resultate gelangt.

---

1) Dies Präparat hat den Vorzug, dass man die Haut auf einmal vom Oberschenkel abziehen und dadurch Benetzung mit Hautsecret sicherer vermeiden kann; die wegen des Cutaneus dabei lädirten Muskeln fallen nämlich fort. Auch ist das untere Gracilisende mit dem Cutaneus dergestalt verwachsen, dass es sich nie absolut unversehrt ohne Anhang darstellen lässt.

Digitized by Google

Nach Anlegung des künstlichen Querschnitts zeigte sich in allen Fällen, ohne irgend eine Ausnahme, die oben schon angeführte negative Schwankung des Ruhestroms. Sie ist so entschieden ausgesprochen, dass sie alle Fehlerquellen des Versuches überwindet, obgleich die Zuckungen, welche ein einzelner Inductionsschlag an einem curarisirten Muskel hervorbringt, meist nicht sehr stark sind, und die Verletzung des Muskels seine Erregbarkeit stets sichtlich herabdrückt.

Vor Anlegung des künstlichen Querschnitts dagegen sind die Resultate durch mannigfache Störungen complicirt. Bekanntlich ist als Actionsstrom zu nehmen die halbe algebraische Summe der bei beiden Richtungen des primären Stromes erhaltenen Ablenkungen, als Polarisationsbetrag dagegen deren halbe Differenz (vgl. Bd. XV. p. 241). Hierbei wird vorausgesetzt, dass in zwei unmittelbar aufeinander folgenden Versuchen die Actionsströme gleich, und die Polarisationen ebenfalls gleich, nur von entgegengesetztem Vorzeichen sind. Dies ist nun aber nicht streng genug der Fall, wie besondere Versuche mit gleicher Stromrichtung lehren. Immer schwanken die Ablenkungen im Bereich eines Scalentheiles, was bei einem Betrag von 1—4 Scalentheilen viel sagen will. Nimmt man statt des Muskels ein Thonlager oder einen feuchten Strang von Bindfäden, so sind die Resultate (hier blosse innere Polarisation) sehr constant; der Fehler liegt also nicht an den Vorrichtungen, sondern am Muskel. Auch bei starren Muskeln zeigen sich die Polarisationsbeträge schwankend. Besonders misstrauisch wird man dadurch, dass ab und zu die Polarisation entgegengesetzten Sinn als den erwarteten hat, d. h. so als ob sie nicht vom Oeffnungs-, sondern vom Schliessungsinductionsstrom herrührte. Da der Betrag des Actionsstroms aus Elimination der Polarisation hervorgeht, so wird durch jede Unregelmässigkeit der letzteren das Resultat in hohem Grade unsicher.

Obgleich also die Methode offenbar für die Constatirung kleiner Schwankungsbeträge nicht ausreicht, lässt sich doch Ein Resultat mit voller Bestimmtheit aussprechen: nämlich dass der Actionsstrom des möglichst unversehrten Muskels zuweilen fehlt, zuweilen abterminal ist, und, wenn er die atterminale Richtung (d. h. die gleiche wie bei indirecter Reizung oder bei künstlichem Querschnitt) besitzt, stets schwächer ist als später nach Anlegung

Digitized by Google

des künstlichen Querschnitts, obgleich letztere die Erregbarkeit herabsetzt.

Wäre nur das letztere der Fall, so wäre dies mit den bisherigen Vorstellungen vereinbar, da ja auch bei indirecter Reizung der atterminale Actionsstrom bei künstlichem Querschnitt kräftiger ist. Indessen ist hier der Unterschied weniger gross; ich habe mit Hülfe der Wippe L (p. 205) eine Anzahl Versuche am nicht curarisirten Muskel zu dem Zwecke angestellt, um vor und nach der Entwicklung sowohl direct als indirect (letzteres mit entsprechend höherer Reizschieberstellung) reizen zu können; es zeigte sich, dass die Entwicklung den direct erregten Actionsstrom unvergleichlich mehr vergrössert als den indirect erregten, welcher letztere sogar häufig vermindert wird; vgl. unten Beispiel 11. Aber schon die zahlreichen Fälle, wo der Actionsstrom ganz fehlt oder verkehrte Richtung hat, deuten darauf hin, dass hier etwas anderes vorliegen muss als bei indirecter Reizung. Es scheint, dass bei directer totaler Reizung des ganz unversehrten Muskels überhaupt kein Actionsstrom vorhanden ist, dass vielmehr die bei Totalreizung unentwickelter Muskeln resultirenden Actionsströme nur von vorhandenen Ruheströmen, d. h. Verletzungen, ferner von nicht gleichmässiger Ergreifung des ganzen Muskels durch den Reizstoss, endlich von Unregelmässigkeiten der Polarisation herrühren. In einigen Fällen habe ich, um unversehrter Muskeln sicher zu sein, am unenthäuteten curarisirten Thiere die Versuche angestellt, und hier grade mehrere Male völliges Fehlen des Actionsstroms constatirt. Aber die Unsicherheit des Verfahrens, die geringe Erregbarkeit des curarisirten Muskels für einzelne Inductionsschläge — am besten erkennbar an der durchgängigen Schwäche der Zuckungen nach der Anätzung — verhindern einen ganz bestimmten Schluss zu ziehen.

Die nachfolgenden Beispiele aus dem sehr grossen Versuchsmaterial geben ein deutliches Bild von den Resultaten und den Unregelmässigkeiten der Versuche. Vergleichbar sind natürlich immer nur die unter gleichen Bedingungen angestellten Versuche vor und nach der Entwicklung des Muskelstroms; zur besseren Uebersicht sind dieselben (in der vorletzten Rubrik) mit correspondirenden Buchstaben (a, b etc.) bezeichnet. Zu berücksichtigen ist ferner, dass nach der Entwicklung der gleiche Reiz regelmässig viel schwächere Zuckung auslöst.

Digitized by Google

Beispiele. (n durchweg = 1310.) [1]

No.	Präparat.	Ruhestrom Richt.	Ruhestrom Kraft. Dan.	Reizung. Kette.	Reizung. Art d. Induct.	Reizung. Roll.-Abstd. mm	Stand des Reizschiebers r =	Ablenkung b. Fall. R. 1.	Ablenkung b. Fall. R. 2.	Ablenkung b. Fall. Ohne Reizung.	Also Polarisation.	Also Actionsstrom.	Zuckung.
1	Gastrocnemius, abgeleitet von Achillessehne und Mitte.	↓	0,0057	1 Dan.	O.	50	20	↓10½	↑10½	—	±10½	0 a	kräftig
						„	30	↓7½	↑7½	0	±7½	0 b	„
						0	30	↓10½	↑12	0	±11¼	↑ ¾ c	stark
						„	„	↓10½	↑12½	—	±11½	↑ 1 c	„
						„	20	↓16½	↑15	—	±15¾	↓ ¾ d	„
	Nach Aetzung des Achillesspiegels mit Säure.	↑	0,0535	„	„	50	20	↓14	↑8	0	±11	↓ 3 a	schwach
						„	30	↓10	↑6½	—	±8¼	↓ 1¾ b	„
						0	30	↓13½	↑11	0	±12¼	↓ 1¼ c	„
						„	20	↓19	↑14	—	±16½	↓ 2½ d	„
						„	„	↓20	↑13	0	±16½	↓ 3½ d	„
2	Gastrocnemius, wie oben.	↑	0,0078	1 Dan.	SO.	0	20	↓1¾	↓½	0	±⅝	↓ 1½ a	kräftig
				„	O.	„	„	↓2½	0	0	±1¼	↓ 1¼ b	stark
	Nach Aetzung.	↑	0,0617	„	SO.	0	20	↓3	↓1½	—	± ¾	↓ 2¼ a	schwach
				„	O.	„	„	↓9¼	↑½	0	±5	↓ 4½ b	mässig
				„	„	„	„	↓10	↑2	—	±6	4 b	„
3	Gastrocnemius, wie oben.	↑	0,0028	1 Bu.	SO.	0	20	↓1¼	↓1¼	↓¼	0	↓ 1 a	kräftig
	Nach Aetzung.	↑	0,0485	„	„	„	„	↓6	↓1	0	±2½	↓ 3½ a	schwach
				„	„	„	„	↓6½	↓½	—	±3	↓ 3½ a	„
4	Todter und in Fäulniss begriffener Gastrocnemius.	↓	0,0035	2 Bu.	SO.	0	30	↓3	↑3	0	±3	0 a	—
				„	„	„	„	↓3½	↑4	0	±3¾	↑ ¼ a	—
				„	O.	„	„	↓8½	↑8	0	±8¼	↓ ¼ b	—
				„	„	„	20	↓9½	↑9½	0	±9½	0 c	—
5	Oberschenkel ohne Cutaneus, abgeleitet von Knie u. Mitte.	↑	0,0011	1 Dan.	SO.	0	20	↑½	↑4¾	—	±2⅛	↑ 2⅝ a	mässig
				„	„	„	„	↑½	↑4¼	0	±1⅞	↑ 2⅜ a	„
				„	O.	„	„	↓10¾	↑5½	—	±8⅛	↑ 2⅝ b	kräftig
				„	„	„	„	↓9¾	↑4¼	0	±7	2⅜ b	„
				2 Bu.	SO.	„	„	↓2	↓½	0	± ¾	↓ 1¼ c	„
				„	O.	„	„	↓7	↓½	0	±3¼	↓ 3⅜ d	stark
	Nach Zerstörung d. Knienden mit glühendem Draht.	↑	0,0477	1 Dan.	SO.	0	20	0	0	0	0	0 a	sehr schwach
				„	O.	„	„	↓8¼	0	—	±4⅛	↓ 4⅛ b	schwach
				2 Bu.	SO.	„	„	↓5	↑½	—	±2¾	↓ 2¼ c	„
				„	O.	„	„	↓19½	↑1½	0	±10½	↓ 9 d	mässig
				„	„	„	„	↓18½	↑½	0	±9½	↓ 9 d	„
6	Oberschenkel, nach Wegnahme der Innenmuskeln.	↓	0,0084	1 Bu.	SO.	0	20	0	0	↓¼	0	↑ ¼ a	mässig
			0,0113	„	„	„	30	↓½	↓¼	↓¼	± ⅛	↑ ⅛ b	„
			0,0132	„	„	„	20	0	↑½	0	±¼	↑ ¼ a	„
				„	O.	„	„	↓1½	↓3½	0	±1	↓ 2½ c	kräftig
	Nach Entwicklung mit glühendem Draht.	↑	0,0473	„	SO.	„	20	0	↓1	0	± ½	↓ ½ a	schwach
				„	„	„	30	↓2	↓1	0	± ½	↓ 1½ b	„
				„	O.	„	20	↓5½	↓1	0	±2¼	↓ 3¼ c	mässig

1) Ich bemerke hier, dass sämmtliche in dieser Arbeit erwähnten Versuche an ziemlich kleinen Esculenten angestellt sind.

Digitized by Google

	Präparat.	Ruhestrom Richt.	Ruhestrom Kraft. Dan.	Reizung. Kette.	Reizung. Art d. Induct.	Reizung. Roll.-Abstd. mm	Stand des Reizschiebers r =	Ablenkung b. Fall. R. 1.	Ablenkung b. Fall. R. 2.	Ohne Reizung.	Also Polarisation.	Also Actionsstrom.	Zuckung.
7	Oberschenkel, ohne Cutaneus.	↑	0,0014	4 Bu., zu 1 comb.	SO.	0	20	↑1/2	↑1/2	0	0	↑ 1/2 a	kräftig
				„	„	„	30	↑1/2	0	0	+1/4	↑ 1/4 b	„
	Nach Entwicklung wie oben.	↑	0,0574	„	SO.	„	20	↓1	↓2 1/2	0	−3/4	↓ 1 3/4a	schwach
				„	„	„	„	↓1 1/2	↓2	0	+1/4	↓ 1 3/4a	„
				„	„	„	30	↓1	↓3/4	0	−1/8	↓ 7/8 b	„
8	Gracilis, abgeleitet von unterem Ende und Mitte.	↑	0,0133	1 Dan.	SO.	0	20	↓2 1/2	↓3/4	0	−7/8	↓ 1 5/8a	kräftig
	Nach Zerquetschung des unteren Endes.	↑	0,0478	„	SO.	„	„	↓3	↓3	0	0	↓ 3 a	schwach
				„	O.	„	„	↓8 3/4	0	—	+4 3/8	↓ 4 3/8b	mässig
				„	„	„	„	↓9	0	0	−4 1/2	↓ 4 1/2b	„
9	Unenthäuteter Frosch, Ableitung von Fussgelenk und Wadenmitte.	↓	0,0067[1]	1 Dan.	O.	0	30	↓1 1/2	↑1 1/2	0	+1 1/2	0 a	kräftig
				„	„	„	20	↑3/4	↓3/4	0	+3/4	0 b	„
	Nach Injection von Säure in den Unterschenkellymphsack u. Wiederentleerung.	↑	0,0175[1]	„	„	„	30	↓4	↑2	—	−3	↓ 1 b	schwächer
				„	„	„	20	↓5	0	0	+2 1/2	↓ 2 1/2a	„
				„	„	„	„	↓5	↑1/2	—	−2 3/4	↓ 2 1/4a	„
10	Nicht curarisirter Oberschenkel von Mitte u. Knie abgeleitet.	↓	0,0013 Reizung indirect	4 Bu., zu 1 comb.	SO.	170	20	↓5	↓6	0	—	↓ 5 1/2a	kräftig
				„	„	„	50	↓2 1/4	↓1 1/4	—	—	↓ 1 3/4b	„
				„	„	„	20	↓5	↓6	—	—	↓ 5 1/2a	„
			Reizung direct	„	„	0	20	↓4	↓5 1/2	0	−3/4	↓ 4 3/4c	„
				„	„	„	„	↓4	↓5	—	+1/2	↓ 4 1/2c	„
	Nach Entwicklung mit glühendem Draht.	↑	0,0275 indirect	„	„	170	20	↓5 1/4	↓5 1/2	—	—	↓ 5 3/8a	schwächer
				„	„	„	50	↓1 3/4	↓1 3/4	—	—	↓ 1 3/4b	„
			direct	„	„	0	20	↓6	↓4 3/4	0	−7/8	↓ 5 3/8c	kräftig
11	Nicht curarisirter Gastrocnemius, Mitte und Achillessehne.	↑	0,0022 indirect	„	„	170	20	↓4 1/2	↓7	—	—	[2]↓ 5 3/4a	kräftig
				„	„	„	50	↑2	↑2 1/2	0	—	[2]↑ 2 1/4b	„
			direct	„	„	0	20	↑1	↓4 1/2	0	−2 3/4	↓ 1 3/4c	„
	Nach Aetzung.	↑	0,0369 indirect	„	„	170	20	↓1 3/4	↓2 1/4	0	—	↓ 2 a	schwach
				„	„	„	50	↓4	↓3 3/4	—	—	↓ 3 7/8b	„
			direct	„	„	0	20	↓5	↓4	0	+1/2	↓ 4 1/2c	kräftig.

1) Hier ist zu beachten, dass an beiden Ableitungsstellen Hautstrom im Kreise ist, die Kraftangabe also keine Bedeutung hat; nach der Säureinjection ist der Hautstrom an der unteren Ableitungsstelle, in deren Nähe die Injection erfolgte, ohne Zweifel geschwächt, und der obere wirkt dem Muskelstrom entgegen; daher die geringe Kraft.

2) Im Beispiel 11 zeigt sich vor der Aetzung bei indirecter Reizung die doppelsinnige

Digitized by Google

b. Versuche mit Tetanus.

Wegen der Unsicherheit der soeben erörterten Versuche, die wesentlich bedingt ist durch die geringe Erregbarkeit des curarisirten Muskels für einzelne Inductionsschläge und durch die starke Einmischung der Polarisation, suchte ich die Frage durch Tetanisirung zu lösen, und fand eine Methode, die nichts zu wünschen übrig liess. Sie besteht darin, den Muskel rasch abwechselnd in den secundären Kreis des mit Hammer spielenden Magnetelectromotors und in den Boussolkreis einzuschalten; die Reizung des Muskels geschieht total, die Ableitung partiell, wie bei den Einzelzuckungen. Da zu kräftigem Tetanus relativ schwache Inductionsströme genügen, so ist der Einfluss der Polarisation viel geringer als bei Einzelzuckungen, selbst wenn letztere mit vorübergehendem Schluss, also zwei entgegengesetzten Inductionsströmen erregt werden. Ein weiterer wesentlicher Vorzug des Verfahrens liegt darin, dass das Resultat von allen Ungleichmässigkeiten der erregenden Wirkung auf die einzelnen Muskeltheile unabhängig ist; denn durch Fortleitung wird sich die Erregung gleichmässig allen Punkten mittheilen, und jedenfalls alle momentanen Phasendifferenzen sich durch die fortwährende Verschiebung der Schliessungszeiten vollkommen ausgleichen müssen. Alle Actionsströme durch ungleichzeitige oder ungleich starke Erregung einzelner Muskeltheile sind also ausgeschlossen, und darauf kommt es hauptsächlich an.

Anfangs benutzte ich zu der genannten Umschaltung den von mir beschriebenen Universalcommutator [1]), später der grösseren Bequemlichkeit halber einen von dem verstorbenen Physiker J. J. Müller in Zürich construirten zum Disjunctor bestimmten Apparat, der mir aus der Sammlung des eidgen. Polytechnicums freundlichst zum Gebrauch überlassen wurde, und den ich als Müller's Doppelrheotom bezeichnen werde.

Schwankung des Gastrocnemius. — Dass in den Versuchen ohne Curare (besonders in 10) bei directer Totalreizung schon am unversehrten Muskel relativ kräftige Actionsströme auftreten, beweist natürlich nichts, da hier stets ein Antheil indirecter Reizung vorhanden ist. — Man beachte, dass beim nicht curarisirten Muskel die Schwächung der directen Zuckung, welche sonst die Entwicklung nach sich zieht, ausbleibt.

1) Dies Archiv V. p. 272; Taf. V a. Fig. 1.

Digitized by Google

Das Instrument ist dem Bernstein'schen Rheotom nachgebildet, jedoch so construirt, dass das Rad bei jeder Umdrehung zwei von einander unabhängige Stromkreise je 6 mal schliesst, und zwar abwechselnd den einen und den andern. Die Platte des Instruments besitzt vier concentrische stählerne Ringe, durch Kammmasse von einander vollkommen isolirt. Jeder Ring hat sechs kupferne Quecksilbernäpfe von der Form wie die Stahlnäpfe des Bernstein'schen Rheotoms, dieselben sind von der stählernen Unterlage nicht isolirt. Das horizontale Rad hat an zwei diametral gegenüberliegenden Stellen Schliessbügel, jeder bestehend aus einem messingenen Draht, durch den zwei Stahlschrauben, unten mit amalgamirten Kupferspitzen endigend [1]), hindurchgehen. Der eine Schliessbügel geht vom Radkranz nach aussen, der andere nach innen; der erstere streift das Quecksilber der beiden äusseren Napfkreise, der letztere das der beiden inneren. Beide Schliessbügel sind vom Radkranz isolirt. Das zeitliche Ineinandergreifen der beiden Schliessungssysteme wird durch Winkelverstellung der Schliessbügel beherrscht; erleichtert wird die Disposition dadurch, dass das innere Napfsystem um einen kleinen Winkel gegen das äussere verschoben ist. — In meinen Versuchen war das äussere System in den Boussolkreis, das innere in den secundären Inductionskreis eingeschaltet, und die Schliessbügel so gestellt, dass beide Kreise abwechselnd geschlossen wurden, und zwischen beiden Schliessungen immer ein erhebliches ganz schliessungsfreies Intervall war. — Der Apparat wurde durch ein Hipp'sches Gewichtsuhrwerk mit geringer Geschwindigkeit gedreht, und arbeitete vorzüglich. Jeder Radumgang erfordert 0,305 Secunde, also jede Versuchsperiode fast genau 0,05 oder $^1/_{20}$ Secunde, wovon etwa $^1/_3$ auf Reizung und $^1/_3$ auf Boussolschluss kommt.

Die primäre Spirale, welcher der Strom in zwei Richtungen (1 und 2) zugeleitet werden kann, ist mit dem Wagner'schen Hammer versehen, der fortwährend spielt; die Drähte der secundären Spirale führen zunächst zu einem Nebenschlüssel S, und von da zum Muskel; in die letztere Leitung ist das innere System des Doppelrheotoms eingeschaltet. Alles Uebrige ist selbstverständlich; nur sei erwähnt, dass das Präparat 4 Electroden hat, die beiden

1) Das Instrument hat ursprünglich Stahlschneiden.

Digitized by Google

inneren zur Boussolableitung, die beiden äusseren zur Reizung. Alle vier sind unpolarisirbar.

Der Versuch geschieht folgendermassen: Nach Einstellung des Rheotoms auf Boussolschluss wird der Muskelstrom compensirt, das Rheotom in Rotation versetzt, und nun durch Oeffnung des Schlüssels S der Muskel tetanisirt; nach Beobachtung der Ablenkung wird die Wippe des primären Kreises umgelegt, und der Versuch wiederholt. Der Tetanus ist, obwohl die Reizungsphasen nur etwa $^1/_{60}$ Sec. dauern und durch Pausen von etwa $^1/_{30}$ Sec. getrennt sind, bei einigermassen starkem Reize (1 Dan., Rollenabstand 100 mm.) ganz continuirlich. Die angewandte Geschwindigkeit ist vollkommen genügend, da meine früheren Versuche gelehrt haben, dass die Schwankung bei directer Reizung länger als $^1/_{100}$ Sec. nach der Reizung noch vorhanden ist, und die Schliessung des Boussolkreises, welche mitten in die Reizpause hineinfällt, etwa $^1/_{120}$ Sec. nach Aufhören der Reizung erfolgt, so dass jedenfalls ein Theil der Schwankung in den Boussolschluss hineinfallen muss. Ausserdem aber ist der beständig im Tetanus begriffene Muskel zu jeder Zeit Sitz von gleichsinnigen Nachwirkungen.

Die Präparate waren dieselben wie bei den Versuchen mit Einzelzuckungen (vgl. oben p. 206 f.): hauptsächlich die Oberschenkelmuskeln nach Wegnahme des Cutaneus, Sartorius, Gracilis, Semimembranosus und Semitendinosus, ferner der Gastrocnemius; die Ableitung zur Boussole und die Reizzuleitung geschah ebenfalls wie dort; die untere ableitende Electrode war zugleich untere Reizelectrode, oder der betr. Faden ging zuerst zur ableitenden, dann zur Reizelectrode. Im letzteren Falle kommen also die reizzuleitenden Metalle überhaupt nicht in den Boussolkreis, was wegen eines Restes von Polarisirbarkeit seine Vortheile hat. — Der Boussolmagnet ist in diesem wie in allen folgenden Versuchen dieser Abhandlung aperiodisch.

Aus zahlreichen, in den Resultaten durchaus übereinstimmenden Versuchen führe ich zunächst einige als Beispiele an.

Beispiel eines Oberschenkelversuchs.

Ruhestrom ↑ W 200, c 490 = 0,0047 Dan.

Kräftiger	Tetanus	Roll.-Abstd.	100 mm.	Richt.	1.	Abl.	↓	2 sc.
				„	2.	„		0
„	„	„	70 mm.	„	1.	„		0
				„	2.	„	↓	5.

Digitized by Google

Nach Zerstörung der unteren Muskelenden mit glühendem Draht:

Ruhestrom ↑ W 20, c 580 = 0,0450 Dan.

Tetanus	R.-A. 100 (schwach)	R. 1.	Abl. ↓	25 sc.
		„ 2.	„ ↓	24 „
„	„ „ 70 (kräftig)	„ 1.	„ ↓	78 „
		„ 2.	„ ↓	65 „
„	„ „ 0 (heftig)	„ 1.	„ ↓	158 „
		„ 2.	„ ↓	109 „

Beispiel eines Gastrocnemius-Versuchs.

Ruhestrom ↑ W 200, 690 = 0,0067 Dan.

Tetanus	R.-A. 100 (kräftig)	R. 1.	Abl.	0.
		„ 2.	„	0.
„	„ „ 70 (heftig)	„ 1.	„	↑ 20 sc.
		„ 2.	„	↑ 40 „

Nach Aetzung mit Säure:

Ruhestrom ↑ W 20, c 455 = 0,0353 Dan.

Tetanus	R.-A. 70 (kräftig)	R. 1.	Abl. ↓	37.
		„ 2.	„ ↓	80.
„	„ „ 0 (heftig)	„ 1.	„ ↓	55.
		„ 2.	„ ↓	165.

Eine Anzahl Versuche wurden bei grösserer Umdrehungsgeschwindigkeit des Doppelrheotoms gemacht. Eine Raddrehung nahm jetzt 0,11 Secunde, also jede Versuchsperiode 0,0183 Sec. in Anspruch. Die Dauer der Reizung war also etwa 0,006, die der Pause 0,012 Sec., und der Boussolschluss erfolgte etwa 0,003 Sec. nach Beendigung der tetanischen Reizung. Bei dieser Geschwindigkeit war in den äusseren Gefässen Deformirung der Quecksilberoberflächen und Wegschleudern von Quecksilber nicht zu vermeiden, so dass nach längerem Spiel des Apparats neues Auffüllen nöthig war. Die Versuche werden, wenn genügende Aufmerksamkeit geübt wird, dadurch nicht gehindert, da jeder Versuch nur kurze Zeit dauert. Jedoch sind innerhalb der Perioden (von 0,0183 Secunden) die Schlussdauern des Reiz- und des Boussolkreises jedenfalls durch die Deformirung der Quecksilberoberflächen etwas verkürzt. — Das Resultat blieb auch bei diesen Versuchen ganz das gleiche.

Beispiel eines Oberschenkelversuchs.

Ruhestrom ↑ W 500, c 415 = 0,0016 Dan.

Tetanus.	R.-A. 100 (kräftig)	R. 1.	Abl. ↓	11 sc.
		„ 2.	„	0
	„ 70 (stark)	„ 1.	„ ↓	15 „
		„ 2.	„ ↓	8 „

Digitized by Google

Nach Entwicklung mit glühendem Draht:

Ruhestrom ↑ W 20, c 505 = 0,0392 Dan.

Tetanus. R.-A.	100 wirkungslos.			
„	70 (kräftig)	R. 1.	Abl. ↓	74
		„ 2.	„ ↓	76
„	0 (heftig)	„ 1.	„ ↓	81
		„ 2.	„ ↓	150.

Beispiel eines Gastrocnemius-Versuchs.

Ruhestrom ↑ W 100, c 660 = 0,0124 Dan.

Tetanus. R.-A.	100 (kräftig)	R. 1.	Abl. ↓	9.
		„ 2.	„	0
„	70 (kräftig)	„ 1.	„	0
		„ 2.	„	0.

Nach Entwicklung mit Säure:

Ruhestrom ↑ W 20, c 745 = 0,0578 Dan.

Tetanus. R.-A.	70 (kräftig)	R. 1.	Abl. ↓	94
		„ 2.	„ ↓	120
„	0 (heftig)	„ 1.	„ ↓	160
		„ 2.	„ ↓	120.

Das Resultat der Tetanusversuche ist schön und unzweideutig. Die Actionsströme bei unentwickeltem Muskelstrom sind bei directer totaler Reizung = 0 oder verschwindend klein gegen die bei entwickeltem Strom; es kommen sowohl aufsteigende als absteigende, stets vergleichsweise höchst unbedeutende Ablenkungen vor, die selbst wo sie am stärksten sind, den Gedanken völlig ausschliessen, dass sie der Schwankung bei indirecter Reizung entsprechen. Der im zweiten Beispiel (Gastrocnemius) vorkommende abterminale Actionsstrom ist eine Ausnahme, und auch im gegebenen Falle nur bei heftigem Tetanus vorhanden. Bei entwickeltem Muskelstrom ist der Actionsstrom stets kräftig, ausnahmslos admortal (negative Schwankung des abmortalen Demarcationsstroms).

Wir müssen also aus den Tetanusversuchen den Schluss ziehen, auf welchen schon die Rheotomversuche mit Einzelzuckung hindeuteten, dass bei totaler directer Reizung nur ausgleichende Actionsströme, d. h. negative Schwankungen vorhandener Ruheströme existiren, also bei fehlendem Ruhestrom, d. h. am ganz unversehrten Muskel, auch kein Actionsstrom durch totale directe Reizung hervorgerufen wird.

Diese Thatsache entspricht nun vollständig der Alterationstheorie, wie man leicht erkennt. Dagegen bildet sie für die Prä-

Digitized by Google

existenzlehre eine erhebliche Schwierigkeit. Um sie zu erklären, muss diese Theorie zu ihren zahlreichen Hypothesen ad hoc, welche das natürliche Muskelende betreffen, noch die weitere hinzufügen, dass die parelectronomische Schicht bei directer Reizung in gleichem Maasse wie die normalen Molekeln an der negativen Schwankung theilnimmt, während sie bekanntlich die ihr vom Reste der Faser zugeleitete Erregungswelle nur mit sehr verminderter Schwankung beantworten soll. Zugleich ist diese Thatsache ein Beweis, dass der Nerv nicht, wie du Bois-Reymond für möglich hält, die Muskelfaser in toto erregt; man müsste denn etwa die weitere Hypothese aufstellen, dass die parelectronomische Schicht mit dem Nerven in anderer Weise verknüpft ist, als die benachbarten normalen Molekeln.

4. Die electromotorische Kraft des tetanischen Actionsstroms hat nicht an den Faserenden ihren Sitz, sondern ist auf die ganze von der Erregung durchlaufene Strecke gleichmässig vertheilt.

Die nächste Aufgabe besteht darin zu untersuchen, ob die Actionsströme unversehrter Muskeln rein decrementieller Natur sind; dass sich ein decrementieller Antheil unter allen Umständen mit einmischen muss, wenn überhaupt eine wellenartige Fortpflanzung der Erregung stattfindet, also zum mindesten doch in dem Falle wo die Muskelfaser von einem Ende aus erregt wird, ist nach den Versuchen des § 2 unzweifelhaft; es wäre aber möglich dass die Hauptursache des Actionsstroms, etwa wie die du Bois'sche Theorie will, am Faserende ihren Sitz hat, freilich wohl nicht in dem Sinne, dass hier eine besonders geartete Substanzschicht liegt, — dagegen sprechen die Ergebnisse des vorigen Paragraphen, — sondern dass das Aufhören der Erregung am Faserende zu einer atterminalen Kraft Anlass gäbe, die bei der Fortleitung in der Continuität durch irgend welche Umstände nicht zur Geltung kommt.

Versuche mit Verschiebung der Ableitungspunkte längs eines unversehrten, parallelfasrigen, tetanisirten Muskels müssen hierüber entscheiden. Man denke sich z. B. einen Ableitungspunct a am Aequator, einen zweiten b am Längsschnitt nahe dem Ende, einen dritten c am Ende selbst, so wird, wenn die electromotorische Fläche des Actionsstroms, wie es die du Bois'sche Theorie

Digitized by Google

will, am Ende selbst liegt (an der Grenze zwischen den normalen und den parelectronomischen Molekeln), die Kraft des (atterminalen) Actionsstroms bei Ableitung a c und b c wesentlich grösser sein müssen als bei Ableitung a b. Ist dagegen die Kraft rein decrementieller Natur, und gleichmässig auf die von der Erregung durchlaufene Strecke vertheilt, so werden bei Erregung vom andern Muskelende aus, die Kräfte annähernd den Längen a c, b c, a b proportional sein [1]).

Die Hauptschwierigkeit dieser Versuche liegt in der Darstellung eines parallelfasrigen Muskels ohne Inscriptio tendinea, mit möglichst unversehrten Faserenden. Da bei den fast allein verwendbaren Oberschenkelmuskeln jede wirkliche Freipräparirung der kurzen oberen sehnigen Enden nothwendig mit Faserzerrung und sonstigen Läsionen verbunden ist, so wählte ich als Präparat zwei gleichnamige am Beckenende in der normalen Verbindung belassene Muskeln, und zwar entweder beide Sartorii oder, da den Versuchen am Sartorius neuerdings der Einwand zu grosser Vergänglichkeit des Muskels gemacht wird [2]), gewöhnlicher beide Adductores magni.

In dem Falle der Sartorii geschieht die Präparation folgendermassen: An den beiden im Zusammenhang gelassenen Froschschenkeln werden beide Sartorii am Knie (mit Belassung eines möglichst langen aus der Tricepsaponeurose zurechtgeschnittenen Sehnenstreifens) frei präparirt, und mit möglichster Schonung vom Oberschenkel bis an die obere Sehne hin abgelöst. Ein gefirnisstes Brett von 155 mm Länge, 37 mm Breite und 27 mm Höhe hat in der Nähe beider Enden Löcher für die Bd. XV. p. 198 erwähnten Spannwirbel, mittels welcher durch in's Knie gesenkte Haken an seidenen Fäden die beiden Oberschenkel in gradliniger Streckung ausgespannt werden. Die beiden Sartorii werden an ihren unteren Sehnen durch kleine Zangen, die durch Kugelgelenke am Brett befestigt sind, so abgezogen gehalten, dass jeder mit seinem Oberschenkel einen spitzen Winkel bildet. Das ganze Präparat hat also die Gestalt , worin a o die Oberschenkel, a s die Sartorii. Ueber Ableitung und Reizung s. unten.

1) Der Versuch wird schon von du Bois-Reymond angedeutet, a. a. O. 1876. p. 361.

2) Vgl. du Bois-Reymond, a. a. O. 1876. p. 365, 369, 370.

Digitized by Google

Das zweite verwendete Muskelpaar sind die beiden Adductores magni (Ecker), welche du Bois-Reymond mit Recht empfiehlt [1]). Da es mir vor Allem darauf ankam den Muskel selbst unversehrt zu erhalten, und Fragmente anderer Muskeln nichts schaden, so wurde, wo Verwachsung mit solchen vorkommt, ein Anhängsel des fremden Muskels an dem unsrigen gelassen. Die Präparation, deren nähere Beschreibung entbehrlich ist, geschah deshalb so, dass am Adductor magnus blieben: a. in der Nähe des oberen Endes der Stumpf des vorderen Kopfes des Semitendinosus, b. am unteren Theil des vorderen Randes ein schmaler Streifen vom Adductor longus, c. der untere Theil des Femur, soweit er vom Muskel umhüllt ist, sammt dem Knie, an welchem die Tricepsaponeurose erhalten bleibt (vgl. Bd. XV. p. 197). Oben blieben beide Muskeln durch die Symphyse mit einander verbunden; alles Uebrige (Becken etc.) lässt sich leicht ohne Verletzung der Muskeln entfernen, nur an der Symphysenfuge selbst muss ein schmaler Wulst von Muskelfleisch stehen bleiben, dessen Entfernung die Versuchsmuskeln gefährden würde. Die beiden Adductoren wurden mittels der Spannfäden, deren Haken in die Kniegelenke gesenkt wurden, in Form einer graden Linie ausgespannt.

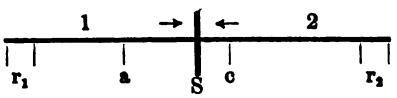
Die Ableitung zur Boussole geschah zunächst so, dass an jedem Muskel ein Ableitungspunct lag, aber jedesmal nur der eine Muskel gereizt wurde. Die beobachtete Ablenkung (Ruhestrom compensirt) ist also der Ausdruck des Actionsstroms zwischen Beckenende und Ableitungsstelle des gereizten Muskels. Es soll nun untersucht werden, welchen Einfluss der Abstand dieser Ableitungsstelle vom Beckenende auf den Betrag des Actionsstroms habe.

Die Anwendung zweier Muskeln hat den ungemeinen Vortheil, dass nicht bloss jeder ein zweckmässiges Ableitungsmittel für das Beckenende des andern bildet, sondern dass man an dem einen die ableitende Electrode nahe, am andern entfernt vom Beckenende anbringen, und beide Muskeln abwechselnd reizen kann. Da so der Widerstand des Stromkreises stets derselbe bleibt (der Einfluss einer Aenderung des specifischen Widerstandes durch die Thätigkeit wird durch den grossen Widerstand der Ableitungsfäden unmerklich gemacht), erhält man aus den Ablenkungs-

1) A. a. O. p. 355.

Digitized by Google

grössen unmittelbar die gestellte Frage beantwortet. Das nebenstehende Schema verdeutlicht die Anordnung; r_1 S und r_2 S sind die beiden, an der Symphyse S zusammenhängenden Muskeln, a und c die beiden Ableitungspunkte des Boussolkreises, r_1 und r_2 die beiden Reizstellen.



Die Ableitung geschah, wie in den oben p. 194 beschriebenen Versuchen, mit feuchten Hanffäden, die mit Röhrenelectroden verbunden waren; ebenso geschah die Zuleitung der Reizströme, nur waren hier die Fäden in Zangenelectroden gefasst, und als unterste Electrode dienten an beiden Muskeln die an beiden Knien erhaltenen Triceps-Aponeurosen, welche direct in Zangenelectroden gefasst waren.

Die Reizung endlich geschah mit tetanisirenden Inductionsströmen, die dem Knieende des Muskels zugeleitet wurden; die Wahl zwischen den Reizstellen r_1 und r_2 geschah in einem Theil der Versuche mit kreuzloser Wippe; später dagegen zog ich vor, zwei ganz getrennte Inductionskreise für beide Reizstellen zu verwenden (Grund s. unten). Ferner wurde grundsätzlich jeder Einzelversuch bei beiden Richtungen des primären Stromes angestellt (in den Beispielen mit R. 1 und 2 bezeichnet).

Das Resultat dieser Versuche ist, wenn alle Vorsichtsmassregeln beobachtet werden (s. unten), regelmässig folgendes: 1. die beobachtete Ablenkung ist regelmässig zum Muskelende hin gerichtet, also vom tetanisirten zum ruhenden Muskel. 2. Die Ablenkung ist bedeutend stärker, d. h. (s. oben) die Kraft des Actionsstromes bedeutend grösser, wenn der Muskel 1 gereizt wird, d. h. wenn die untere Ableitung vom Faserende entfernter ist.

Am Ende jeder Versuchsreihe wurde, um einen Unterschied der Erregbarkeit oder der Reizelectrodenlage in beiden Muskeln auszuschliessen, die Lage der Fadenschlingen so verändert, dass a an S genähert und c entfernt wurde, und nun die Versuchsreihe wiederholt. Auch jetzt war die Schwankung grösser auf Seiten des entfernt abgeleiteten Muskels. Meist wurde dieser Wechsel mehrere Male wiederholt.

Beispiel.

Sartorii, curarisirt.

1. Ableitung links nahe, rechts entfernt von der Symphyse.

		R. 1.	R. 2.
Tetanus, Roll.-Abst. 120.	Reizung rechts	← 2	← 8
	„ links	0	0

Digitized by Google

Tetanus, Roll.-Abst. 60. Reizung rechts ← 34 ← 21
„ links → ½ → 1

2. Ableitung links entfernt, rechts nahe.
Tetanus, Roll.-Abst. 0. Reizung rechts ← 2½ ← 1½
„ links → 10 → 5

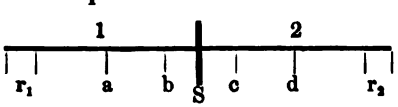
Adductores magni, curarisirt.

1. Ableitung links entfernt, rechts nahe. R. 1. R. 2.
Tetanus, Roll.-Abst. 0. Reizung rechts 0 ← 1
„ links → 47 → 35

2. Ableitung links nahe, rechts entfernt.
Tetanus, Roll.-Abst. 0. Reizung rechts ← 55 ← 38
„ links → 6 → 4

3. Ableitung links entfernt, rechts nahe.
Tetanus, Roll.-Abst. 0. Reizung rechts ← 1 ← 1
„ links → 12 → 7.

Da das Verschieben der Ableitungsschlingen zeitraubend, unbequem und für den Muskel ein wenig lädirend ist, wurden später, um den Versuch so elegant wie irgend möglich zu machen, dem Muskelpaar 4 ableitende Electrodenschlingen angelegt, so wie das beistehende Schema zeigt. Durch eine Wippe ohne Kreuz konnten nach Belieben die Electroden a c oder die Electroden b d mit der Boussole verbunden werden. Auch so zeigte sich auf das Schönste die Schwankung stets grösser, wenn auf der Seite der grösseren Ableitungsstrecke gereizt wurde (s. unten das Beispiel).



Fehlerquellen, welche indess leicht zu vermeiden sind, sind folgende: 1. Verschiebung der der Symphyse nahen Ableitungsstelle bei der Contraction; bei der Nähe der mit künstlichen Querschnitten behafteten Muskelstümpfe der Symphyse (s. oben) kann selbst kleine Verschiebung die Stromcomponente jener Muskelreste sehr beträchtlich ändern; es ist deshalb recht straffe Ausspannung der Muskeln, nicht zu lockere Anlegung der Ableitungsschlingen, vor allem aber nicht zu nahes Heranrücken an die Symphyse, dringend geboten. 2. Stromschleifen der erregenden Inductionsströme; dieselben sind am Muskel bekanntlich nie vollkommen zu vermeiden; dass sie vorhanden sind, ergiebt sich daraus, dass zwischen den beiden mit Richtung 1 und 2 des primären Stromes (s. oben) erhaltenen Schwankungen stets eine Differenz besteht. Jedoch ist ihr Betrag, selbst bei ganz aufgeschobenen

Digitized by Google

Rollen, nie so gross um das Resultat irgendwie zu verwischen (vgl. die Beispiele). 3. Ungleich starke Reizung beider Muskeln. Wenn die Schwankungen bei Reizung beider Muskeln hinsichtlich ihrer Grösse verglichen werden sollen, so muss natürlich vor Allem der Tetanus beiderseits möglichst gleich sein; dies ist aber im Allgemeinen nicht der Fall, wenn man mittels einer Wahlwippe den gleichen Inductionsstrom den beiden Reizstellen r_1 und r_2 abwechselnd zuleitet; die Reizelectroden liegen beiderseits nicht gleich günstig, und schon ein kleiner Unterschied in der Länge der durchflossenen Reizstrecken ändert die Reizintensität. Es ist deshalb sehr viel besser, jede Reizstelle mit einem besonderen Inductionsapparat zu verbinden, und die Rollenstellungen beider so zu wählen, dass ein möglichst gleich starker Tetanus beider Muskeln eintritt. Am besten probirt man dies aus, indem man beide Muskeln gleichzeitig reizt und darauf achtet, dass die Symphyse nach keiner Seite hin gezogen wird.

Ein anderer sehr wesentlicher Vortheil des Arbeitens mit zwei Inductionskreisen ist, dass man beide Muskeln gleichzeitig tetanisiren und so ihre Actionsströme durch Gegensetzung vergleichen kann. Auch so bestätigt sich auf das Schönste, dass, bei einigermassen gleich starkem Tetanus beider Muskeln der Strom desjenigen beträchtlich überwiegt, der von der Symphyse entfernter abgeleitet wird. Es ist also bei Ableitung a c der Actionsstrom von a nach c, und bei Ableitung b d von d nach b gerichtet.

Beispiel.

Adductores magni. Tetanus mit R.-A. 70.

	Richtung 1.		Richtung 2.	
	Ableitung b d	Ableit. a c	Ableitung b d	Ableit. a c
Reizung r_2	← 16	← 4	← 8	← 2
„ r_1	0	→ 10	→ ½	→ 16
„ r_1 u. r_2	← 13	→ 2	← 5	→ 8.

Nachdem festgestellt war, dass der Actionsstrom bei Ableitung vom natürlichen Muskelende sehr wesentlich mit der Entfernung der Längsschnittselectrode vom Muskelende zunimmt, schritt ich zu dem ergänzenden Versuchsverfahren, bei fester Längsschnittselectrode den Actionsstrom zu vergleichen wenn die zweite Electrode einmal am Muskelende, einmal an einem diesem nahen Längsschnittspunkte liegt.

Das Präparat war dasselbe wie bei den vorigen Versuchen. Bei Reizung des Muskels 1 wurde jedoch diesmal abwechselnd

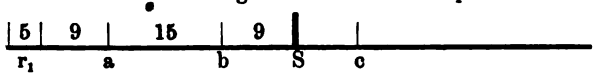
Digitized by Google

von a b und von a c abgeleitet und die Actionsströme verglichen. Da bei beiden Ableitungen die Widerstände verschieden sind, so muss die electromotorische Kraft der Ablenkungen festgestellt werden. Zum Theil habe ich, nach du Bois-Reymond's Vorgang [1]), die Ablenkung durch den Ruhestrom und den zugehörigen Compensatorstand benützt, um die Ablenkungen in Compensatorgrade umzurechnen. Da aber der Ruhestrom sehr schwach (ja zuweilen Null) ist, so multipliciren sich die Fehler, und auch die Rechnung ist unbequem. Ich zog es daher vor, für a b sowohl wie für a c die durch die Kraft W 200, c 500 [2]) bewirkte Scalenablenkung festzustellen und diese Bestimmung den Kraftberechnungen zu Grunde zu legen. Damit Widerstandsänderungen im Muskel beim Tetanus keinen Fehler machen, muss der Widerstand des Kreises möglichst gross sein; die Einschaltung der Ableitungsfäden erweist sich hier von grossem Nutzen (vgl. oben S. 195).

Ich führe zunächst einige Beispiele dieser Versuche an.

Beispiel.

Curarisirte Adductores magni. Der linke bei r_1 direct tetanisirt.



Die Kraft W 200, c 500 (= 0,00485 D) lenkt ab:

bei Ableitung a b 187 sc.

„ „ a c 104 „

Rollenabstand.	Actionsströme in Scalentheilen [3]).				Mittel sc.	Kraft des Actionsstr. absolut cpgr. (W 200)	Kraft des Actionsstr. Verhältniss (a S = 1)	Längenverhältn. (a S = 1)
50	a b 1 → 176	a S [4]) 1 → 152	a S 2 → 137	a b 2 → 109	a b 142,5 a S 144,5	376 695	0,54 1	0,635 1
80	a S 1 → 98	a b 1 → 33	a b 2 → 19	a S 2 → 34	a b 26 a S 66	70 317	0,22 1	0,635 1

1) Arch. f. Anat. u. Physiol. 1873. p. 530.

2) W bedeutet den Hauptwiderstand des Compensators in Siem.-Einh., c Compensatorgrade. W 200, c 500 = 0,00485 D. — Vgl. auch dies Arch. XV. p. 210, Anm. 4.

3) Die Reihenfolge der Ableitungen ist, wie man leicht einsieht, so gewählt, dass in den Mitteln sich die Ermüdungseinflüsse möglichst eliminiren. Dasselbe gilt auch für alle folgenden Beispiele.

4) Unter a S sind die bei Ableitung a c beobachteten Actionsströme verzeichnet.

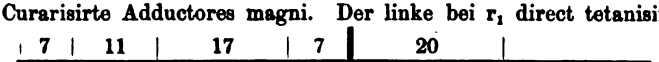
Digitized by Google

Rollenabstand.	Actionsströme in Scalentheilen.	Mittel sc.	Kraft des Actionsstr. absolut cpgr. (W 200)	Kraft des Actionsstr. Verhältniss (aS = 1)	Längenverhältn. (aS = 1)
50	ab 1 → 193 | aS 1 → 138 | aS 2 → 121 | ab 2 → 120	ab 156,5 aS 129,5	418 623	0,67 1	0,635 1
0	aS 1 → 196 | ab 1 → 325 | ab 2 → 188 | aS 2 → 132	ab 256,6 aS 164	686 788	0,87 1	0,635 1
80[1])	ab 1 → 11 | aS 1 → 6½ | aS 2 → 6 | ab 2 → 11	ab 11 aS 6¼	29 30	0,96 1	0,635 1
50	aS 1 → 123 | ab 1 → 134 | ab 2 → 104 | aS 2 → 72	ab 119 aS 97,5	318 469	0,68 1	0,635 1

In einer Anzahl von Versuchen habe ich auch die Ableitung b c mit in die Untersuchung hineingezogen:

Beispiele.

Curarisirte Adductores magni. Der linke bei r_1 direct tetanisirt.



Die Kraft W 200, c 500 (= 0,00485 D.) lenkt ab: bei Ableitung ab 151 sc.
ac 144 „
bc 123 „

Rollen-Abstand.	Actionsströme in Scalentheilen.	Mittel sc.	Kraft des Actionsstr. absolut cpgr. (W 200)	Kraft des Actionsstr. Verhältniss (aS = 1)	Längenverhältn. (aS = 1)
50	ab 1 → 160 | aS 1 → 130 | bS[2]) 1 → 43 | bS 2 → 31 | aS 2 → 80 | ab 2 → 34	ab 97 aS 105 bS 37	321 365 150	0,88 1 0,41	0,71 1 0,29
0	bS 2 → 47 | aS 2 → 98 | ab 2 → 44 | ab 1 → 68 | aS 1 → 97 | bS 1 → 42	ab 44,5 aS 97,5 bS 56	147 339 228	0,43 1 0,67	0,71 1 0,29
50	aS 1 → 10 | ab 1 → 1 | bS 1 → 9 | bS 2 → 4 | ab 2 → 15 | aS 2 → 16	ab 8 aS 13 bS 6,5	265 45 26	0,59 1 0,59	0,71 1 0,29

Nicht curarisirte Adductores magni. Der linke bei r_1 direct tetanisirt.

Die Kraft W 200, c 500 lenkt ab: bei Ableitung ab 218 sc.
ac 197 „
bc 159 „

50	ab 1 → 109	aS 1 → 133	bS 1 → 44	bS 2 → 40	aS 2 → 56	ab 2 → 18	ab 63,5 aS 94,5 bS 42	146 240 132	0,61 1 0,55	0,57 1 0,43

1) Bei dieser Reihe war keine Contraction sichtbar.
2) Unter bS sind die bei Ableitung bc beobachteten Actionsströme

Digitized by Google

Rollen-Abstand.	Actionsströme in Scalentheilen.						Mittel sc.	Kraft des Actionsstr. absolut cpgr. (W 200)	Kraft des Actionsstr. Verhältniss (a S = 1)	Längen-verhältn. (a S = 1)
0	bS 2 → 131	aS 2 → 175	ab 2 → 59	ab 1 → 59	aS 1 → 89	bS 1 → 29	ab 59	135	0,40	0,57
							aS 132	335	1	1
							bS 80	252	0,75	0,43

Wie schon gesagt (vgl. oben p. 218) müssten nach der du Bois'schen Theorie die Kräfte a S und b S wenig verschieden, dagegen die Kraft a b ungemein viel kleiner sein als a S und b S. Ein Blick auf die vorletzte Rubrik der Versuche zeigt, dass dem durchaus nicht so ist. Dagegen zeigen die beiden letzten Rubriken, dass die Kräfte sich den Längen der abgeleiteten Strecken einigermassen anschliessen, wie es nach meiner Theorie zu erwarten war. Eine wirkliche Proportionalität ist freilich nicht vorhanden, — immerhin könnte ich, wenn ich aussuchen wollte, auch Versuche vorlegen, in denen eine solche ziemlich streng sich ausprägt; aber die vorstehenden aufs Gerathewohl herausgegriffenen Beispiele geben ein treueres Bild des Sachverhalts.

Eine strenge Proportionalität ist aber überhaupt durchaus nicht zu erwarten, und wo sie vorkommt eher einem günstigen Zufall zuzuschreiben. Erstens ist, wenn auch die Erregung bei der Leitung abnimmt, durchaus nicht nöthig, dass die Abnahme den durchlaufenen Strecken proportional ist; dies wird nur in erster Annäherung der Fall sein. Zweitens ist wegen des bekanntlich hier ungemein grossen Einflusses der Ermüdung (man vergleiche nur zwei gleichnamige Reizfälle derselben Horizontalrubrik — der Einfluss des Richtungswechsels ist relativ gering, wie Versuche ohne solchen, wo also die blosse Ermüdung zur Geltung kommt, zeigen), der sich durch das angewandte System der Reihenfolge nur unvollkommen eliminiren lässt, eine gewisse Ungenauigkeit der Resultate unvermeidlich. Drittens ist das Ende S des Muskels gewiss nicht absolut unversehrt und stromlos, wenn auch bei den Ableitungen a c und b c, wegen Gegeneinanderwirkens der beiden Muskeln, stets nur höchst unbedeutende Ruheströme erscheinen; es mischt sich also eine wahre negative Schwankung ein (vgl. unten), die im Falle a b ungemein weniger zur Geltung kommen

verzeichnet. — Ueber die Reihenfolge der Ableitungen vgl. Anm. 3 auf der vorigen Seite.

Digitized by Google

muss als in a c und b c. Die Ungenauigkeit prägt sich besonders darin aus, dass die Summe der Kräfte in a b und b S nicht gleich der Kraft in a S ist; statt der Summe 1 zeigt die vorletzte Rubrik die Summen 1,29; 1,10; 1,18; 1,16; 1,15.

Wenn man diese Störungen berücksichtigt, so geht jedenfalls zweierlei aus den Beispielen und noch überzeugender aus der Gesammtzahl der Versuche hervor: 1. Die Kraft des Actionsstroms kann unmöglich ihren Sitz ausschliesslich am Muskelende S haben; dazu stehen die Zahlen der beiden letzten Rubriken der Proportionalität viel zu nah. Der für die du Bois'sche Theorie günstigste Fall ist die zweite Horizontalreihe des ersten Beispiels, wo die Kräfte in a b und a S sich wie 0,22:1, die Längen aber wie 0,635:1 verhalten; aber erstens ist dieser Fall in den Versuchen (auch in der Gesammtzahl) ganz vereinzelt, zweitens wird er dadurch aufgewogen, dass in dem gleichen Versuch bei derselben Reizstärke später das Kräfteverhältniss 0,96 : 1 auftritt. Der Fall ist also durch die oben bezeichneten Unregelmässigkeiten zu erklären. 2. Ein Einfluss der Ermüdung und des Absterbens in dem Sinne (nach du Bois-Reymond), dass er die Abnahme der Reizwelle bei der Leitung begünstigte, ist durchaus nicht zu erkennen. Dieser Einfluss müsste einen allmählich zunehmenden Actionsstrom bei der Ableitung a b im Sinne der beobachteten Ströme hervorbringen. Das Kräfteverhältniss in a b und a c müsste sich also im Laufe der Versuche der Einheit nähern, da der genannte Ermüdungseinfluss für die Strecke a b ungleich mehr in Betracht kommen müsste als für die kürzere und von der Reizstelle entferntere Strecke b S. Nun kommen freilich Zunahmen, aber ebenso oft auch Abnahmen jenes Kräfteverhältnisses im Laufe der Versuche vor. Besonders instructiv ist das erste Beispiel, wo die Reizstärke 50 dreimal wiederkehrt. Bei der ersten Wiederkehr ist das Kräfteverhältniss von 0,54 : 1 auf 0,67 : 1 gestiegen, obgleich dazwischen nur eine Reihe mit schwacher Reizung stattgefunden hat. Bei der zweiten Wiederkehr ist das Verhältniss 0,67 : 1 fast genau erhalten geblieben, obgleich dazwischen zwei Reizungsreihen stattgefunden haben, darunter eine mit dem Rollenabstand 0, die in der That so ermüdend gewirkt hat, dass beim Rollenabstand 80 keine sichtbare Contraction mehr eintrat [1]). Trotz fortschreiten-

1) Man sieht, dass trotz fehlender Contraction noch deutliche und re-

Digitized by Google

der Ermüdung also keine relative Zunahme des Actionsstroms der Längsschnittspunkte a b.

Es bedarf kaum der Erwähnung dass die Ableitung a b in diesen Versuchen im Grunde nichts anderes ist, als eine Wiederholung der Versuche in § 2, und zwar mit gleichem Resultat (in Wirklichkeit wurden die hier mitgetheilten früher angestellt). Freilich sind a und b nicht grade symmetrische Längsschnittspunkte, sondern etwas nach oben verschoben. Aber erstens ist der electromotorische Aequator beim Adductor magnus durch die weit hinaufreichende untere Insertion wohl ziemlich nach oben gerückt; zweitens ist das Verlangen absolut symmetrischer Ableitung, wenn der Muskel nicht von zwei künstlichen Querschnitten begrenzt ist, ohnehin illusorisch. Suchte man nämlich zwei in der Ruhe gleichartige Längsschnittspunkte auf, so könnten dieselben wegen ungleicher Parelectronomie beider Enden doch auch nach der Präexistenztheorie einen Actionsstrom zeigen; man hat also gar kein Mittel, die Ableitung a priori so zu bestimmen, dass der Actionsstrom nach der Präexistenztheorie ausbleiben muss.

Sehr bemerkenswerth ist, dass der zeitliche Verlauf der Ablenkung und der relative Betrag der Nachwirkung bei den Ableitungen a b und a c nicht den geringsten Unterschied zeigen, obgleich bei letzterer das natürliche Muskelende im Spiel ist, bei ersterer nicht.

5. Weiterer Beweis, dass die electromotorische Kraft des tetanischen Actionsstroms nicht an den Faserenden ihren Sitz hat.

Noch auf einem andern Wege ergiebt sich, dass die electromotorische Kraft des Actionsstroms nicht am Muskelende ihren Sitz hat. Wäre dies nämlich der Fall, so müsste an einer indifferenten Verlängerung des Muskels zwischen zwei nicht allzufernen Längsschnittspunkten sich ebenfalls ein dem beobachteten gleich gerichteter Stromzweig zeigen, grade so wie die sog. „schwachen Längsschnittsströme“ eines Muskels mit künstlichem Querschnitt auch an einer indifferenten Verlängerung des Muskels auftreten müssen. Dass letzteres in der That der Fall ist, ist leicht nach-

---

gelmässige Actionsströme auftreten können. Diese wichtige Thatsache hatte ich sehr oft zu beobachten Gelegenheit; vgl. auch oben p. 196.

Digitized by Google

zuweisen an einem Muskel, den man zur Hälfte wärmestarr gemacht hat: die starre Hälfte zeigt gleich gerichtete schwache Längsschnittsströme mit der lebenden.

Wenn man also in dem zweimuskeligen Präparat (s. oben p. 220) den Muskel 1 an seinem unteren Ende reizt, dem Muskel 2 aber zwei Electroden c und d anlegt, so müsste, wenn die Kraft des Actionsstroms ausschliesslich am Symphysenende von 1 ihren Sitz hätte, zwischen c und d ein absteigender Stromzweig auftreten; derselbe müsste, wenn c und d zu b und a symmetrisch lägen, freilich, wegen der Verdünnung beider Muskeln am Symphysenende, schwächer sein als der zwischen a und b, aber doch annähernd von gleicher Ordnung. Der Widerstand an der Fuge wird durch den dort stehen bleibenden Muskelwulst ziemlich beträchtlich ausgeglichen; rückt man ausserdem c und d möglichst nahe an die Symphyse, während a und b möglichst entfernt sind, so müsste sogar der Strom c d dem Strom a b ziemlich gleich kommen.

Trotzdem zeigen sich zwischen c und d nur verschwindend kleine Ströme, welche mit denen zwischen a und b nicht im entferntesten verglichen werden können. Der als Beispiel mitgetheilte Versuch ist nicht bloss auf diesen Punct hin angestellt, sondern vergleicht ausserdem, wie die früheren, die Kraft a b mit der Kraft a S.

Beispiel.

Curarisirte Adductores magni. Der linke tetanisirt.

	12	11,5	9,5	6	14	
r_1		a	b	S c		d

Die Kraft W 200, c 500 (= 0,00485 D.) lenkt ab:

bei Ableitung a b 154 sc.
„ „ a c 127 „
„ „ c d 261 „

Rollen-Abstand.	Actionsströme in Scalentheilen.						Mittel sc.	Kraft des Actionsstr. absolut cpgr. (W 200)	Kraft des Actionsstr. Verhältniss a S = 1	Längenverhältn. a S = 1
50	a b 1 → 88	a S 1 → 147	c d 1 → 11	c d 2 → 10	a S 2 → 109	a b 2 → 61	a b 74,5 a S 128 c d 10,5	242 504 20	0,48 1 0,04	0,55 1 —
80	c d 1 0	a S 1 → 5	a b 1 → 5	a b 2 → 11	a S 2 → 8	c d 2 → 1	a b 8 a S 6,5 c d 0,5	26 25,6 1	1,02 1 0,04	0,55 1 —

Digitized by Google

Rollen-Abstand.	Actionsströme in Scalentheilen.						Mittel sc.	Kraft des Actionsstr. absolut opgr. (W 200)	Kraft des Actionsstr. Verhältniss aS = 1	Längenverhältn. a S = 1
50	aS 1 → 137	ab 1 → 70	cd 1 → 4	cd 2 → 4*	ab 2 → 36*	aS 2 → 45*	ab 53 aS 91 cd 4	172 358 8	0,48 1 0,02	0,55 1 —
0	ab 1 → 122	aS 1 → 130	cd 1 → 4	cd 2 → 1*	aS 2 → 108⁂	ab 2 → 93*	ab 107,5 aS 119 cd 2,5	349 468 5	0,75 1 0,01	0,55 1 —
50	cd 1 → ½*	aS 1 → 26⁂	ab 1 → 23*	ab 2 → 23°	aS 2 → 19*	cd 2 0*	ab 23 aS 22,5 cd 0,25	74 88 0,5	0,84 1 0,01	0,55 1 —

* bedeutet: Tetanus schwach, ⁂ sehr schwach, ° gar nicht sichtbar.

6. Auch bei indirect erregtem Tetanus hat die Kraft des Actionsstroms nicht an den Faserenden ihren Sitz; sie ist auch hier decrementieller Natur, und abnerval gerichtet.

Gegen die Ableitung der indirect erregten Actionsströme aus einer Abnahme der Erregungswelle bei der Leitung erhebt du Bois-Reymond den principiellen Einwand, dass ein wellenförmiges Fortschreiten der Muskelerregung bei Reizung vom Nerven aus durch Nichts erwiesen sei[1]). Zwar wird nicht ein einziger stichhaltiger Grund gegen diese bisher von allen Physiologen stillschweigend angenommene Lehre beigebracht, — denn dass, ihre Richtigkeit vorausgesetzt, zweckmässiger alle Endplatten in der Mitte der Fasern angebracht worden wären, ist doch wohl kein ernstlicher Gegengrund, zumal du Bois-Reymond selber an verschiedenen Stellen seiner Schriften mit Vorliebe auf gewisse Unzweckmässigkeiten in der Natur aufmerksam macht, — zwar unterlässt er es, den einfachen und bei seinen Zweifeln naheliegenden Versuch anzustellen, ob bei indirecter Reizung alle Querschnitte des Muskels sich gleichzeitig verdicken, oder nicht, — trotzdem nennt er es „auf Flugsand bauen", wenn ich jener, doch von mir wahrlich nicht erfundenen Lehre, welche er selber schliesslich (p. 375) acceptirt, mich anschliesse. Doch, wie schon früher bemerkt, ich vermeide es lieber, auf persönliche und erkenntnisstheoretische Angriffe einzugehen. Im letzten Paragraphen dieser Abhandlung wird der wellenförmige Ablauf der Erregung bei indirecter Reizung unmittelbar bewiesen werden (vgl. auch p. 217).

1) A. a. O. 1876. p. 344 ff.

Digitized by Google

Mit denselben Mitteln, welche in den beiden letzten Paragraphen über den Sitz der Actionsstromkraft bei directer Reizung entschieden haben, müssen sich auch bei indirecter Anhaltspuncte ergeben. Ich habe einfach sämmtliche dort besprochenen Versuche mit indirecter Reizung wiederholt.

Das Präparat bestand wiederum aus beiden an der Symphyse zusammenhängenden, möglichst sorgfältig und unversehrt dargestellten Sartorii oder gewöhnlicher Adductores magni. Der Nerv des Adductor magnus ist leicht im Zusammenhang mit dem Plexus ischiadicus zu präpariren, und der dazu nöthige Mehraufwand an Zeit sehr klein im Vergleich zu derjenigen, welche die sorgfältige Reindarstellung des Muskels selbst beansprucht. Dagegen ist bekanntlich die Darstellung des Sartoriusnerven im Zusammenhang mit dem Plexus ischiadicus mühselig und langwierig. Indess kann man sich diese Mühe sparen, wenn man nur das unmittelbar an den Muskel grenzende zarte Nervenstück braucht, man schneidet dieses in einem umhüllenden den angrenzenden Muskeln entnommenen Fleischlappen heraus, und lässt es in dieser für die Erhaltung des zarten Gebildes ungemein nützlichen Hülle. Zwei Zinkdrahtelectroden werden diesem Fleischlappen, dem Sartoriusrande parallel angelegt, und man hat nur, um den Muskel vor Stromschleifen zu bewahren, die Vorsicht zu beobachten, dass man den Fleischlappen vom Sartoriusrande abpräparirt so dass nur der Nerv eine sehr kurze Brücke bildet, und ein feines für den Nerven eingeschnittenes Glimmerblättchen einschiebt. Der Nerv hält sich so ganz vortrefflich erregbar.

Die Resultate dieser Versuche stimmen sehr gut zu denen der directen Reizung. Zunächst ist, wenn beide Ableitungsstellen auf beide Muskeln vertheilt sind und in ungleichem Abstand von der Symphyse liegen, stets der Actionsstrom der Seite, die entfernter abgeleitet wird, überwiegend, sowohl bei Vergleichung mit abwechselnder Reizung als auch bei gleichzeitiger Reizung beider Seiten.

Beispiele.

1. Adductores magni mit Nerven.

a. Ableitung links nahe, rechts entfernt von der Symphyse.
(Ruhestrom → 137 sc. = W 200, c 1100).

		R. 1.	R. 2.
Nerv tetanisirt, Roll.-Abst. 170.	Reizung rechts.....	← 67	← 62
	„ links.....	→ 7	→ 6

Digitized by Google

b. Ableitung links entfernt, rechts nahe.
(Ruhestrom ← 117 sc. = W 200, c 500.)

		R. 1.	R. 2.
Nerv tetanisirt, Roll.-Abst. 170.	Reizung rechts.....	← 21	← 23
	„ links.....	→ 71	→ 58

2. Adductores mit Nerven. 4 Ableitungsstellen (wie S. 221.)

Richtung 1.			Richtung 2.		
	Ableit. bd	ac		bd	ac
Reizung rechts	← 29	← 7	Reizung rechts	← 12	← 5
„ links	→ 4	→ 28	„ links	→ 2	→ 32.

(Rollenabstand 300, kräftiger Tetanus, links etwas schwächer.)

Ferner wurden Einem Muskel wie oben drei Electroden angelegt, wovon eine am natürlichen Ende, und die Actionsstromkräfte bei den drei möglichen Ableitungscombinationen verglichen. Auch hier waren die Electroden Fadenschlingen, am natürlichen Ende wurde die Electrode, wenn es das obere war, dem andern Muskel angelegt, beim unteren dagegen die Tricepsaponeurose direct in die Zangenelectroden gefasst. Ich will der Mittheilung der Resultate ein Beispiel voranstellen. O bedeutet oberes, U unteres Muskelende, a die linke (untere), b die rechte Längsschnittselectrode.

Beispiel.

Adductores magni mit Nerven. Indirecte Reizung.

Rollenabstand.	Actionsströme in Scalentheilen.				Mittel sc.	Kraft des Actionsstr. absolut cpgr. (W 200)	Kraft des Actionsstr. Verhältniss (aS = 1)	Längenverhältn. (aS = 1)
300	ab 1[1] → 98	aO 1 → 161	aO 2 → 105	ab 2 → 40	ab → 69 aO → 133	→ 216 → 550	0,39 1	0,67 1
300	aO 1 → 96	ab 1 ← 10	ab 2 ← 6	aO 2 → 36	ab ← 8 aO → 66	← 34 → 314	− 0,11 1	0,78 1

1. a. Oberes (rechtes) Ende des linken Muskels untersucht.
Ua 23, ab 12, bO 6 mm.
Ablenkung durch W 200, c 500: ab 160, ac (aO) 121 sc.

b. Electrode a nach links verschoben.
Ua 14, ab 21, bO 6 mm.
Ablenkung durch W 200, c 500, ab 119, ac (aO) 105 sc.

1) Die Abwechslung mit beiden Stromrichtungen hat bei indirecter Reizung keine Bedeutung, da von Stromschleifen hier keine Rede ist. Da aber die Reihefolge ab, aO, aO, ab zur Elimination der Ermüdung unentbehrlich ist, wurde auch der Richtungswechsel beibehalten.

Digitized by Google

Rollenabstand.	Actionsströme in Scalentheilen.	Mittel sc.	Kraft des Actionsstr. absolut cpgr. (W 200)	Kraft des Actionsstr. Verhältniss (a S = 1)	Längenverhältn. (a S = 1)

2. Unteres (linkes) Ende des linken Muskels.

Ua 13, ab 15, bO 13 mm.

Ablenkung durch W 200, c 500: Ua 98, Ub 98 sc.

300	Ua 2 ← 34	Ub 2 ← 65	Ub 1 ← 50	Ua 1 ← 5	Ua ← 19,5 Ub ← 57,5	← 99 ← 292	0,37 1	0,46 1

3. Oberes (linkes) Ende des rechten Muskels.

Oa 10, ab 13 mm.

Ablenkung durch W 200, c 500: ab 200, cb (Ob) 104 sc.

300	ab 1 ← 11	Ob 1 ← 67	Ob 2 ← 47	ab 2 → 5	ab ← 3 Ob ← 57	← 7,5 ← 274	0,03 1	0,57 1

4. Unteres (rechtes) Ende des rechten Muskels.

Oa 7, ab 20, bU 14 mm.

Ablenkung durch W 200, c 500: aU 113, bU 128, ab 190 sc.

300	aU 2 → 115	bU 2 → 91	ab 2 → 7	ab 1 → 3	bU 1 → 60	aU 1 → 35	aU → 75 bU → 75,5 ab → 5	→ 332 → 295 → 13	1 0,89 0,04	1 0,41 0,59

Man sieht sofort, dass in diesem Versuche von einer Proportionalität der Stromkräfte mit den Streckenlängen auch nicht annähernd die Rede ist; auch ist kein Grund, eine solche zu erwarten. Ein interessantes Resultat aber erhält man, wenn man längs des Muskels einen Punct aufsucht von der Eigenschaft, dass die Kräfte proportional sind der Abstandsdifferenz beider Ableitungspuncte. Nehmen wir z. B. an, im Versuch 1. seien die Kräfte in a b und a O proportional den Differenzen a n − b n : a n − O n, worin n ein Punct ist, der um die Länge x vom Muskelende O absteht, so ergiebt eine einfache Rechnung[1]) x = 13,9 mm. Auf diese Weise

1) Wir nennen die Kräfte bei den Ableitungen a b und a O bezüglich k_1 und k_2. Der Punct n theilt die Strecke ab in die beiden Abschnitte α und β, worin $\alpha = ab + bO - x$ und $\beta = x - bO$. Es soll nun sein $k_1 : k_2 = \beta - \alpha : x - \alpha$, oder mit Einsetzung obiger Werthe: $k_1 : k_2 = 2x - ab - 2bO : 2x - ab - bO$, woraus sich ergiebt

$$x = \frac{k_1(ab + bO) - k_2(ab + 2bO)}{2(k_1 - k_2)}.$$

Hierin sind k_1 und k_2 mit den Vorzeichen zu nehmen, die sie in der Tabelle haben; ob für k_1 und k_2 die absoluten oder die Verhältnisszahlen der Tabelle eingesetzt werden, ist gleichgültig.

Digitized by Google

findet man die Lage des fraglichen Punctes vom oberen Muskelende entfernt um:

13,9 mm. aus 1.a.
15,7 „ „ 1.b.
16,6 „ „ 8.
16,7 „ „ 4. (berechnet aus den Kräften ab und aU).
16,1 „ „ 4. (berechnet aus den Kräften aU und bU).

Der Versuch 2. ergiebt keinen solchen Punct; die grösste Annäherung würde ein in der Nähe von b gelegener, d. h. etwa 13 mm. vom oberen Muskelende entfernter Punct gewähren.

Der Nervenhilus der angewandten Adductoren war 13,5 mm. vom oberen Ende entfernt. Die Resultate sind also gut erklärlich, wenn man annimmt, dass die Erregungswellen im Durchschnitt von einer etwas unterhalb des Hilus gelegenen Muskelstelle ausgehen, und nach beiden Seiten ablaufend der durchlaufenen Strecke entsprechend abnehmen. Ein ähnliches Resultat, mit mehr oder weniger Annäherung ergaben auch die übrigen Versuche dieser Art. Ich führe noch ein Beispiel an, dessen Resultat mich ungemein frappirt hat, weil die Verhältnisse auf den ersten Blick durch ihre gegenseitige Verschiedenheit (0,11 : 1; 0,24 : 1 und im zweiten Versuch bei sehr ähnlicher Lage sogar 0,48 : 1) eine sehr geringe Uebereinstimmung mit dem Gesetze erwarten liessen.

Beispiel.

Adductores magni.

Rollen-Abstand.	Actionsströme in Scalentheilen.	Mittel sc.	Kraft des Actionsstr. absolut cgr. (W 200)	Kraft des Actionsstr. Verhältn.	Längenverhältn.
1. Der linke Muskel. (Oberes Ende untersucht.) Ua 18, ab 16, bO 8 mm. (Oc 11 mm.) Ablenkungen in der Ruhe: ab → 280 sc., ac ← 19 sc. Ablenkung durch W 200, c 500: ab 179, ac 128 sc.					
a. Indirect 300	ab 1 ← 25 | aO 1 → 229 | aO 2 → 187 | ab 2 ← 40	ab ← 32½ aO → 208	← 91 → 813	— 0,11 + 1	
250	ab 1 ← 41 | aO 1 → 102 | aO 2 → 133 | ab 2 ← 36	ab ← 38½ aO → 117½	← 108 → 459	— 0,24 + 1	
b. Direct [1] 50	ab 1 → 115 | aO 1 → 132 | aO 2 → 119 | ab 2 → 79	ab → 97 aO → 125½	→ 328 → 576	+ 0,57 + 1	0,67 1
0	ab 1 → 171 | aO 1 → 137 | aO 2 → 111 | ab 2 → 79	ab → 125 aO → 124	→ 422 → 569	+ 0,74 + 1	0,67 1

1) Reizung am linken, unteren Muskelende.

Digitized by Google

Rollen-Abstand.	Actionsströme in Scalentheilen.	Mittel sc.	Kraft des Actionsstr. absolut cpgr. (W 200)	Kraft des Actionsstr. Verhältn.	Längenverhältn.
2. Der rechte Muskel, aber nach links umgelegt. (Oberes Ende untersucht.) Ua 17, ab 16, bO 9 mm. (Oc 13 mm.) Ablenkungen in der Ruhe: ab → 133, ac → 45 sc. Ablenkung durch W 200, c 500: ab 191, ac 138 sc.					
a. Indirect 300	ab 1 ← 58	aO 1 → 87	aO 2 → 77	ab 2 ← 52	ab ← 55 aO → 82	← 144 → 297	— 0,48 + 1	
b. Direct 0	ab 1 → 36	aO 1 → 76	aO 2 → 62	ab 2 → 43	ab → 39½ ac → 69	→ 136 → 278	+ 0,49 + 1	0,64 1

Auf die Reihen mit directer Reizung (1b und 2b), welche nur Beispiele von der oben p. 223 erwähnten Art darstellen, braucht hier nicht eingegangen zu werden. Aus den Reihen 1a und 2a dagegen berechnete ich in oben angegebener Weise die Lage des Punktes, von dem aus decrementielle Actionsströme die erhaltenen Resultate ergeben würden, und es ergab sich sein Abstand x vom oberen Muskelende:

am 1. Muskel, erste Reihe: x = 15,6 mm.
„ „ zweite „ x = 15,2 „
„ 2. „ x = 15,5 „

Der Abstand des Nervenhilus vom oberen Muskelende betrug bei den verwendeten Muskeln

15 mm.

Es scheint also, dass etwas unterhalb des Hilus beim Adductor magnus der Querschnitt liegt, von welchem aus betrachtet die algebraische Summe der Entfernungen aller Nervenendigungen Null ist (wenn man die eine Seite positiv, die andere negativ rechnet). Man geht fast nie fehl, wenn man Richtung und ungefähre Grösse des Actionsstroms unter dieser Annahme voraussagt, und ich sehe absolut keinen Weg, wie die du Bois'sche Theorie diese Uebereinstimmungen erklären könnte.

Gegenüber meiner Erklärung des Actionsstroms bei indirecter Reizung urgirt du Bois-Reymond[1]), dass nach derselben directe

1) A. a. O. p. 363, 376. Am letztgenannten Orte ist die Formel (*) auf p. 375 durch einen Rechenfehler unrichtig, ohne dass aber der Fehler die Betrachtung ungültig machte.

Digitized by Google

Reizung ausserhalb der abgeleiteten Strecke nothwendig stärkeren Actionsstrom geben müsste als indirecte Reizung (vorausgesetzt dass nicht alle Nerveneintrittsstellen ausserhalb der abgeleiteten Strecke liegen). In Wirklichkeit sei aber das Umgekehrte der Fall. Vergebens suche ich für diese Behauptung den Beweis, der natürlich gleich starken directen und indirecten Tetanus voraussetzen müsste; meine Erfahrungen und auch die Kraftwerthe obiger Versuchsbeispiele sprechen durchaus nicht dafür.

7. Alle Actionsströme bei Einzelzuckung unversehrter Muskeln sind doppelsinnig; der absteigende Theil gehört der oberen, der aufsteigende der unteren Ableitungsstelle an. Die wellenartige Fortpflanzung der Erregung in der Muskelfaser bei indirecter Reizung wird unmittelbar bewiesen. Betrachtung der Actionsströme an unregelmässigen und an polymeren Muskeln. Zeitlicher Verlauf und Nachwirkung der Actionsströme im Tetanus.

Es bleibt uns noch übrig den Actionsstrom bei indirect erregten Einzelzuckungen zu untersuchen. Die wichtigste und zuerst entdeckte Thatsache dieses Gebietes ist die, dass der von beiden Hauptsehnen abgeleitete Gastrocnemius einen erst absteigenden, dann aufsteigenden Actionsstrom zeigt; diese Erscheinung ist von S. Mayer mit dem Differential-Rheotom gefunden[1]), von du Bois-Reymond mit demselben Apparat[2]) und von mir mit dem Fall-Rheotom[3]) bestätigt. Du Bois-Reymond hat ferner nachgewiesen, dass dieser Verlauf der Schwankung aus der Concurrenz der einander entgegengesetzten Wirkungen beider Muskelenden hervorgeht und zwar schreibt er den ersten absteigenden Antheil dem Achillesspiegel, den zweiten, aufsteigenden, dem Kniespiegel zu. Es wird sich zeigen, dass der Sachverhalt grade der entgegengesetzte ist, und dass die du Bois'sche Anschauung sogar nach seiner eigenen Theorie nur so lange zulässig erscheinen konnte, als man von wellenartigem Fortschreiten der Erregung grundsätzlich absah.

1) Arch. f. Anat. u. Physiol. 1868. p. 655.
2) Ebendaselbst 1873. p. 584.
3) Dies Archiv XV. p. 236.

Digitized by Google

Betrachten wir zunächst die phasischen Actionsströme an einem regelmässigen und stromlosen Muskel, von dessen Längsschnitt an zwei Puncten abgeleitet ist und durch den Erregungswellen hindurchgehen. So lange dieselben nicht gerade unter einem Ableitungspunct hindurchpassiren, geben sie zu keiner Ablenkung Anlass. Beim Durchgang der Erregung dagegen wird die passirte Electrode negativ und zwar nach beiden Theorien des Muskelstroms. Der Actionsstrom wird also in der Regel doppelsinnig sein; nur in den Fällen wo die Erregung an beiden Electroden zugleich, oder, durch Tetanus, rasch abwechselnd anlangt, ist er entweder Null, nämlich wenn sie an beiden Stellen gleiche Intensität hat, oder von der stärker erregten Stelle im Muskel zur schwächer erregten gerichtet. Ohne Zweifel wird man in diesem Falle, wenn man von Schwankung einer Muskelstelle spricht, den Strom meinen, der auftritt wenn diese Stelle erregt ist. Die Schwankung der unteren Stelle wird also aufsteigenden, die der oberen absteigenden Strom machen.

Es sei nun die eine Electrode (die untere) anstatt dem Längsschnitt künstlichem Querschnitt angelegt, so dass ein aufsteigender Ruhestrom herrscht. Wiederum macht eine den Muskel durchziehende Erregungswelle nichts, so lange sie nicht in den Bereich einer Electrode kommt. An der Querschnittselectrode anlangend ändert sie aber überhaupt nichts (als dass die electromotorische Fläche vorübergehend etwas mehr nach innen liegt)[1]), dagegen macht sie an der Längsschnittselectrode anlangend einen dem Muskelstrom entgegengesetzten, absteigenden Strom, eine negative Schwankung desselben. Offenbar hängt diese Wirkung ausschliess-

1) Es ist sehr wahrscheinlich, dass die zum künstlichen Querschnitt hinlaufende Welle, schon ehe sie diesen erreicht, nach einem ähnlichen Gesetz wie am Nerven (vgl. dies Arch. VII, 363. IX, 236) abgenommen hat, oder erloschen ist. Dieser Umstand hat aber natürlich wegen des Gesetzes der Spannungsreihe, dem der Muskelinhalt unterliegt, keine Bedeutung für die Ableitung vom künstlichen Querschnitt. Die Gültigkeit des Gesetzes der Spannungsreihe nennt du Bois-Reymond (a. a. O. 1876. p. 358) eine von mir gemachte „Hypothese ad hoc". Ad quid? dürfte ich hier füglich fragen; man wird an der betr. Stelle (dies Arch. IV. p. 177 f.) finden, dass ich dies Gesetz aus gewissen Thatsachen geschlossen habe und es weiter gar nicht verwende, während die ganze Moleculartheorie dieses Gesetz einfach präsumirt.

Digitized by Google

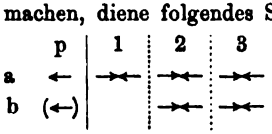
lich davon ab, ob und wann der Längsschnittspunct, nicht ob und wann der Querschnittspunct von der Erregung erreicht wird. Wenn man also das Wort Schwankung beibehalten will, muss man offenbar von Schwankung des Längsschnitts, nicht von der des Querschnittsendes sprechen; würde die Erregung durch irgend etwas gehindert den Querschnitt zu erreichen, so würde dies an der Schwankung durchaus nichts ändern; dagegen würde sie ausbleiben, wenn die Erregung vom Bereich der Längsschnittselectrode ferngehalten würde. Beide Theorien führen wie gesagt hierin zu gleichem Resultat. So muss denn also die absteigende Schwankung bei Ableitung von Längs- und unterem Querschnitt nach dem ersteren benannt werden.

Jetzt denke man sich an den künstlichen unteren Querschnitt eine parelectronomische Schicht angesetzt, die seine Ruhekraft annullirt, und vom Längsschnitt und vom parelectronomischen Ende abgeleitet. Wiederum macht die am Querschnitt anlangende Erregung Nichts (vgl. oben), so lange sie in den normalen Molekeln ist, dagegen sobald sie die parelectronomischen Molekeln ergreift und ihre absteigende Kraft vermindert, einen aufsteigenden Strom, der nach der jetzigen du Bois'schen Theorie schwächer ist als der absteigende Strom, den die am Längsschnittspunct anlangende Erregung hervorbringt[1]).

Nach du Bois-Reymond's eigener Theorie und natürlich auch nach der meinigen, muss also die Sachlage so bezeichnet werden: Die Erregungsschwankung eines Muskelpunctes oder Muskelendes besteht in einem von diesem weg gerichteten Strome im

---

1) Um dies klar zu machen, diene folgendes Schema:



Die Reihe a stellt das Molecularschema in der Ruhe dar; links ist der natürliche Querschnitt und p die parelectronomische Kraft. Jetzt lange eine Erregungswelle am Querschnitt an und habe grade das letzte Molekelpaar 1 und die parelectronomische Molekel p ergriffen. Die Wirkung des Paares 1 werde annullirt, die der Molekel p geschwächt; die Reihe b stellt diesen Zustand dar. Man sieht, dass die Aenderung eine Kraft darstellt, welche der Kraft p entgegengesetzt, dem ruhenden Muskelstrom aber gleich gerichtet ist. Wie gross die Abnahme der Molekelkräfte angenommen wird, ist für die Betrachtung völlig gleichgültig.

Digitized by Google

Muskel; am parelectronomischen Ende ist dieser Strom weniger kräftig als an anderen Muskelpuncten. Verwandlung des parelectronomischen Endes in künstlichen Querschnitt bringt dessen Schwankung in Wegfall. Die beobachtete Schwankung setzt sich zusammen aus der Superposition der Schwankungen beider Ableitungspuncte, und ist bei gleichzeitiger Erregung des ganzen Muskels deren algebraische Summe.

Diese Sätze, gegen welche du Bois-Reymond unmöglich etwas einwenden kann[1]), zeigen aber, dass nach du Bois' eigener Theorie die Sache gerade umgekehrt ist als er sie darstellt: am unversehrten und stromlosen Gastrocnemius kann die erste, absteigende Phase, welche nach Anätzung des Achillesspiegels allein übrig bleibt, nichts anderes sein als die Schwankung des Längsschnitts oder des Kniespiegels, die zweite, aufsteigende Phase aber ist die Schwankung des Achillesspiegels.

Ehe wir aber an die Verwerthung dieser Erkenntniss gehen, wäre es sehr wünschenswerth durch directe Versuche zu entscheiden ob wirklich bei indirecter Reizung die Erregung den Muskel wellenförmig durchläuft, was ja von du Bois-Reymond in Frage gestellt wird.

Ich untersuchte hierzu die Actionsströme am Differential-Rheotom, legte aber dem Muskel drei Fadenableitungen an, an beiden Enden und in der Mitte, und führte durch eine Wip-

1) Nimmt man auf die Fortpflanzung der partiellen Erregung principiell keine Rücksicht, — und im Tetanus braucht man das nicht, — so ist natürlich die du Bois'sche Bezeichnungsweise, welche die Schwankung nach dem Muskelende benennt, zu welchem sie gerichtet ist, vollkommen zulässig; da hier nur eine algebraische Summe von Kräften zur Beobachtung kommt, so kommt nichts darauf an, statt ihrer eine einzige irgendwohin verlegte resultirende Kraft oder Abnahme einer bestehenden entgegengesetzten Kraft anzunehmen. Für den Fall der Erregungswelle aber wird diese Bezeichnungsweise unzulässig; man könnte versuchen sie auch für diesen Fall aufrecht zu erhalten, indem man sich an dem Muskelende einen ihm und einem nahen Längsschnittspunct angelegten Bogen denkt; ein solcher zeigt allerdings bei der Erregung eine nach dem Muskelende hin gerichtete Kraft, also am oberen Ende eine aufsteigende Schwankung an. Aber diese Kräfte sind ihrerseits wiederum doppelsinnig, und für den Fall der Ableitung von beiden Muskelenden kommt nur ihr zweiter, vom Muskelende weg gerichteter Antheil in Betracht. Die von mir eingeführte Bezeichnung hat den Vorzug für alle Fälle zu passen und den Sachverhalt unmittelbar wiederzugeben.

Digitized by Google

pencombination bei jeder Schieberstellung abwechselnd beide Hälften und den ganzen Muskel in den Boussolkreis ein. Das Rheotom wurde durch das p. 213 erwähnte Uhrwerk sehr constant gedreht, und machte 6 Umdrehungen in der Secunde (zufällig ganz genau)[1]).

Nach der du Bois'schen Theorie muss, zunächst für einen regelmässigen Muskel, der Actionsstrom in der unteren Hälfte rein absteigend, in der oberen rein aufsteigend, nach der meinigen in jeder Hälfte doppelsinnig, zuerst atterminal, dann abterminal sein.

Ich hatte nun die Genugthuung die letztere Voraussage an allen untersuchten Muskeln auf das Schönste bestätigt zu sehen. Der Versuch wurde am Adductor magnus, am Triceps (mit Präparation nach du Bois'scher Vorschrift, d. h. am Vastus internus Ecker), endlich, obgleich ich hier am wenigsten Hoffnung auf entscheidende Resultate hatte, auch am Gastrocnemius angestellt.

Sehen wir zunächst von der oberen Hälfte des Gastrocnemius ab, so erscheint an jeder untersuchten Muskelhälfte unmittelbar nach der Reizung eine kräftige atterminale, dann eine schwächere abterminale Phase. Beide Maxima schieben sich mit grosser Deutlichkeit im Laufe der Versuche beträchtlich hinaus, zugleich wird die abterminale Phase immer schwächer und schwindet schliesslich ganz; bei künstlichem Querschnitt fehlt sie von Anfang an vollkommen. Diese zweite, abterminale Phase ist wegen ihrer raschen Abnahme immer eine zarte Erscheinung, sie erfordert frische, kräftige, an den Enden ganz unversehrte Muskeln,[2]) und man thut

1) Von gutem Schluss der Boussolspitzen überzeuge ich mich dadurch, dass ich während des Ganges des Rheotoms hie und da einen Compensatorstromzweig zulasse. Sonst arbeite ich ohne Compensation. Die Spitzen lasse ich auf Grund mannigfacher Erfahrung statt in ziehender in stossender Schrägstellung über die Stahlnäpfe hinübergleiten.

2) Ich bemerke hier ausdrücklich, dass überall, wo in dieser Abhandlung von unversehrten Muskeln die Rede ist, bei der Präparation jede Berührung der Muskeloberfläche mit irgend welchen Gegenständen, selbst mit reinen Porzellanflächen auf das Sorgfältigste vermieden war; die Herrichtung geschieht stets am hängenden oder schwebend gespannten Bein. Auch wurde niemals ein Muskelende in eine Spanngabel eingezwängt, sondern die Ausspannung geschah, wie früher erwähnt, mit Haken und Spannwirbeln, und die Haken wurden möglichst entfernt vom Versuchsmuskel befestigt. Bestehenbleibende Reste anderer Muskeln schaden für diese Versuche gar nichts, da nur der Versuchsmuskel noch seinen Nerven besitzt, also ausschliesslich er-

Digitized by Google

gut, damit sie Einem nicht entgehe, nicht die Theilstriche des Rheotoms vom Reizmoment ab in kleinen Intervallen abzutasten, sondern mit denjenigen Theilstrichen anzufangen, bei welchen die abterminale Phase zu erwarten ist (beim frischen Muskel etwa 4 — 6, wenn die Umdrehungszeit = 1/6 Sec., und 0 mit Boussolschluss zusammenfällt). Zuweilen, aber bei frischen Muskeln selten, kommt es vor, dass statt der abterminalen Phase nur eine Einsenkung der atterminalen auftritt.

Der Phasenwechsel ist in beiden Hälften des untersuchten Muskels beim Adductor magnus meist gleichzeitig, beim Triceps seltener; offenbar sind hier beide Muskelhälften zu ungleichmässig gebaut, sehr viel kommt also, wie man leicht begreift, auf die Lage des Mittelfadens an, kleine Aenderung dieser Lage ändert das zeitliche Verhältniss der beiderseitigen Phasen beträchtlich. Am Gastrocnemius zeigt, wenn der Mittelfaden den dicksten Theil umschlingt, die obere Hälfte meist nur die atterminale, nicht die abterminale Phase, doch habe ich auch hier letztere öfters beobachtet, und zwar gleichzeitig mit der gleichen Phase der unteren Hälfte.

Zwischen beiden Enden (ein theoretisch verhältnissmässig interesseloser Fall) zeigt sich, wie zu erwarten war, bei jedem Theilstrich ungefähr die algebraische Summe der Wirkungen beider Hälften (wobei der grössere Widerstand zu berücksichtigen ist); diese ist beim Adductor magnus durchweg Null oder kaum von Null verschieden, beim Triceps und Gastrocnemius aber stellt sie, wie schon durch frühere Untersuchungen dieses Falles bekannt ist, einen doppelsinnigen, zuerst ab-, dann aufsteigenden Actionsstrom dar. Zuweilen wechselt die Richtung noch einmal, und der Phasenwechsel verschiebt sich meist.

Beispiele.

Der Nullpunct der Theilung fällt durchweg mit dem Schluss des Boussolkreises zusammen. Werth eines Theilstrichs $\frac{1}{600}$ Secunde. Dauer des Boussolschlusses 2,9 Theilstriche = 0,0048 Sec. = $\frac{1}{34,5}$ der Umdrehungszeit.

um bedeutet Ableitung von unterem Ende und Mitte.
om „ „ „ oberem Ende und Mitte.
ou „ „ „ beiden Enden.

Der Ruhestrom ist in den Beispielen nicht angegeben, weil wegen

regt wird; natürlich ist dafür gesorgt, dass der Versuchsmuskel nirgends mit fremden Anhängen in directer Berührung ist.

Digitized by Google

fremder Anhänge, die absichtlich an beiden Enden stehen gelassen wurden (um die Enden vor jeder Läsion zu schützen), seine Grösse keine Bedeutung hat; er wurde nicht compensirt. — Bei der Reihenfolge der Theilstriche wurde, wie im Text erwähnt, vorzugsweise darauf Rücksicht genommen, die vergängliche abterminale Phase abzufangen und ihre Verschiebung mit der Zeit zu beobachten. Sich die Resultate behufs besserer Uebersicht nach der natürlichen Reihenfolge der Theilstriche umzuschreiben, kann dem Leser überlassen bleiben.

1. Adductor magnus.

Theilstriche	um	om	ou
4	↓ 5½	↑ 3½	↓½
6	* ↓ 2½	* ↓ 3	0
5	↓ 2½	* ↓ 1½	0
2	↓ 22	↑ 27	↑2
8	* ↓ 2	* ↓ 3	—
0	↓ 3	↑ 4	—
10	* ↓ 1	* ↓ 1	—
6	↓ 8	↑ 6½	↓½
8	↓ 2	↑ 1½	0
10	↓ 2	0	—
12	↓ 1	↑ 1	0
2	↓ 3	↑ 5	—
4	↓ 6	↑ 11	—
2	↓ 3	↑ 5	—

Die abterminale Phase (durchweg mit * bezeichnet) verschiebt sich in beiden Muskelhälften von 6 bis 10, und schwindet dann ganz. Das Maximum der atterminalen Phase verschiebt sich von 2 bis 6.

2. Adductor magnus.

Theilstriche	um	om	ou
4	↓ 12	↑ 6	↓1
6	↓ 1	0	0
8	* ↑ 1	0	0
7	* ↑ 1½	0	0
5	↓ ½	* ↓ ½	0
7	0	↓ ½	—
8	* ↑ ½	* ↓ ½	—
10	* ↑ 1	0	0
9	0	* ↓ 1½	—
12	↓ ½	0	—
4	↓ 17	↑ 7	↓1
10	↓ 4	↑ 1	0
8	↓ 6	↑ 13	—
2	↓ 3	↑ 2	—
0	0	0	—
4	↓ 18	↑ 12	—

Abterminale Phase in um bei 8, dann nach 10 verschoben, in om bei 5, 8, 9, anfangs bei 8 nicht nachweisbar, schliesslich ganz verschwunden.

3. Triceps.

Theilstriche	um	om	ou
4	↓ 12½	↑ 13	↑ ½
6	* ↑ 2	* ↓ 4	0
2	↓ 14	↑ 14	0
8	* ↑ 4½	* ↓ 3	↑6
0	↓ 7	↑ 8	0
10	0	↑ 12½	↑6
8	↓ 3½	↑ 10	↑2
6	↓ 11	↑ 11	0
4	↓ 11	↑ 13	↓1½
2	↓ 8½	↑ 6	↓½
0	↓ 1	0	↓½

Abterminale Phase in beiden Muskelhälften zuerst bei 6, dann bei 8, dann nicht mehr nachweisbar. Max. der atterminalen allmählich von 2 bis 6 verschoben.

4. Triceps.

Theilstriche	um	om	ou
0	↓ 10	↑ 5½	↓4
10	↓ ½	* ↓ 5	↓4
12½	0	* ↓ 4	↓2
15	0	* ↓ 1½	↓½
5	↓ 8	↑ 13	↓1
7½	↓ 4	↑ 6	↓1
10	↓ 4	↑ 4	0
12½	↓ 1	↑ 2	0
15	↓ ½	↑ 1	0

Beispiel eines Versuchs, wo die abterminale Phase nur in der oberen Muskelhälfte zweifellos, und zwar sehr kräftig und gedehnt, auftrat.

5. Gastrocnemius.

Theilstriche	um	om	ou
4	* ↑ 8	* ↓ 1	↑ 4
6	* ↑ 16	↓ 5	↑ 13
2	↓ 31	↑ 14	↑ 14
8	* ↑ 6	↑ 2	↑ 4
4	↓ 19	↑ 9	↑ 13
6	↓ 13	↑ 7	↓ 6
0	0	↑ 1	0
10	↓ 2	↑ 4	↓ 1
8	↓ 3	↑ 2	↓ 2
6	↓ 13	↑ 6	↓ 5

Sehr schöner Versuch; bei um sehr kräftige abterminale Phase, zuerst bei 4 und 6 (max.), dann nur noch bei 6, später fehlend; in der oberen Hälfte die abterminale Phase nur anfangs bei 4 deutlich. Maximum der atterminalen von 2 nach 4 verschoben.

6. Gastrocnemius.

Theilstriche	um	om	ou
0	↓ 21	↑ 3	↓13
5	* ↑ 8	↑ 8	↑ 2
0	↓ 17½	0	↓14
5	* ↑ 4	↑ 7	↓ 6
10	* ↑ 2	↓ 3	↑ 2	↓ 4
15	↓ 5	↑ ½	↓ 3
5	↓ 9	↑ 1	—
7½	↓ 2	↑ 2	—
10	↓ 2	↑ 1½	—

In der oberen Hälfte erscheint, wie beim Gastrocnemius meistens, die abterminale Phase nicht; in der unteren kräftig bei 5, später bei 10 als Vorschlag zur atterminalen (die Aenderung der Ablenkung hierbei sehr langsam).

Digitized by Google

Schöner und schlagender als durch die angegebenen Versuche kann das ganze Gebäude der du Bois'schen Erklärung nicht widerlegt werden. Doppelsinniger Actionsstrom einer Muskelhälfte könnte nach dieser Theorie nur so erklärt werden, dass die abterminale Phase von der Schwankung des anderen Muskelendes herrührt; sie müsste aber dann mit dem Maximum der atterminalen Phase dieses andern Endes zeitlich zusammenfallen. Darin aber grade liegt die Bedeutung unseres Versuchs, dass sie dies auf's Schönste widerlegt. Die abterminale Phase des einen Endes fällt beim Adductor magnus gewöhnlich, beim Triceps häufig, ja sogar beim Gastrocnemius zuweilen, mit der abterminalen des andern zusammen, und wo dies nicht der Fall ist, coincidirt sie jedenfalls nicht mit dem Maximum, sondern eher mit dem Minimum der atterminalen in der andern Hälfte.

Der Sachverhalt ist, vor Allem beim Adductor magnus, so einfach und klar, dass selbst der eifrigste Anhänger der Präexistenzlehre über die Deutung nicht im Zweifel sein kann: der erste, atterminale Strom rührt in beiden Hälften her von der Erregung am Aequator, der zweite, abterminale von der am Faserende angelangten Erregung. Letztere erscheint wegen der Leitungszeit später, wegen des Decrements schwächer als erstere, und hat bei künstlichem Querschnitt nach Obigem (p. 236) überhaupt keine electromotorische Wirkung. Die Hinausschiebung der zweiten Phase erklärt sich durch die schon bekannte[1]) Abnahme der Leitungsgeschwindigkeit während der Ermüdung; ihre Schwächung und ihr schliessliches Erlöschen könnte hergeleitet werden von der Zunahme des Decrements. Jedoch glaube ich dass der Grund in etwas Anderem liegt; schon zu der Annahme, dass die Erregung das Faserende schliesslich gar nicht mehr erreicht, wird man sich schwer entschliessen, da zur Zeit wo die zweite Phase erloschen ist, der Muskel noch ziemlich kräftig zuckt, und da bei lange tetanisirten Muskeln bekanntlich der Actionsstrom durch Aetzung des Muskelendes noch verstärkt wird, was nicht erklärbar wäre, wenn das Faserende an der Erregung nicht mehr Theil genommen hätte. Den Schlüssel zur richtigen Erklärung liefert die beträcht-

1) Vgl. z. B. dies Archiv X. p. 54 f. Sehr schön giebt sich die Verschiebung auch dadurch zu erkennen, dass bei längerer Reizung die abterminale Phase zusehends in atterminale übergeht, d. h. doppelsinnige Ablenkung auf einem Theilstrich eintritt (vgl. oben das 6. Beispiel).

Digitized by Google

liche Verschiebung und zeitliche Ausdehnung auch der ersten, atterminalen Phase im Laufe der Ermüdung; man sieht bei den ersten Theilstrichen, die anfangs kräftigen atterminalen Strom gaben, später sehr schwachen, das Maximum ist um mehrere Theilstriche hinausgerückt, und endlich bei Theilstrichen, die über die anfängliche abterminale Phase weit hinausliegen, erscheint gegen Ende des Versuches sehr kräftige, atterminale Ablenkung. Man sieht, mit einem Wort, deutlich, dass die Erregung am Aequator durch die Ermüdung sich langsamer entwickelt, und viel länger persistirt, gleichsam als erste Andeutung eines idiomusculären Wulstes; indem jetzt die am Ende angelangte, immerhin schwache Erregung zeitlich zusammenfällt mit noch beträchtlich persistirender Erregung am Aequator, kann eine abterminale Phase nicht zum Vorschein kommen.

Dass du Bois-Reymond die doppelsinnige Schwankung bei Ableitung von Längsschnitt und natürlichem Ende nicht gesehen hat[1]), erklärt sich leicht. Er hat nämlich die entsprechenden Versuche nur am Sartorius und am Gracilis angestellt. Dass an dem ersteren, so leicht erschöpfbaren Muskel die abterminale Phase nicht erschien, wird Niemand Wunder nehmen; der Gracilis aber ist, wie eine unten folgende Erörterung seiner Actionsströme zeigen wird, für diesen Versuch wegen seiner sehnigen Scheidewand höchst ungünstig. Endlich hatte du Bois-Reymond keine Ursache, Werth darauf zu legen, dass die Muskelenden möglichst unversehrt waren, seine Muskeln waren „auf verschiedenen Stufen der Parelectronomie". Jede Läsion des Faserendes beeinträchtigt aber die abterminale Phase. Sehr zu bedauern ist, dass du Bois-Reymond am Triceps nur mit Ableitung von beiden Enden gearbeitet hat, die Erscheinung wäre ihm sonst sicher nicht entgangen.

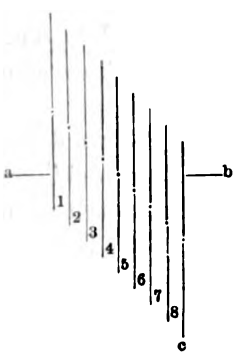
Dass der doppelsinnige Actionsstrom nicht (etwa im Holmgren'schen Sinne) von an sich doppelsinniger Schwankung der erregten Stellen hergeleitet werden kann, bedarf kaum der Erwähnung; die Erscheinung müsste dann auch bei künstlichem Querschnitt auftreten, was nie der Fall ist, wie schon du Bois-Reymond fand.

Erwähnt sei noch, dass in unserem Versuche der Vorgang im Grunde derselbe ist wie bei dem Bernstein'schen Versuch

1) Vgl. a. a. O. 1873. p. 568.

Digitized by Google

mit Ableitung von zwei Längsschnittspuncten und directer Reizung am einen Ende; man hat nur statt des entfernteren Längsschnittspuncts das Muskelende und statt directer Reizung indirecte zu setzen. Hier wie dort tritt doppelsinniger Actionsstrom ein. Der neue Versuch lehrt eben, dass das unversehrte Muskelende sich nicht anders als irgend ein Längsschnittspunct verhält, wie es unsre Theorie verlangt, und zweitens dass auch bei indirecter Reizung die Erregung wellenförmig abläuft, was du Bois-Reymond als zweifelhaft und zum mindesten für die Erklärung der Erscheinungen unwesentlich bezeichnet hatte. —



Versuchen wir nun, die Erscheinungen am Gastrocnemius zu erklären. Wird zunächst, wie in den mitgetheilten Versuchen, vom dicksten Theil und von der Achillessehne abgeleitet, so giebt das beistehende Schema eine ungefähre Andeutung vom Sachverhalt. Nehmen wir an, dass (was du Bois-Reymond urgirt) jede Faser ihre Nerveneintrittsstelle in der Mitte habe (durch einen Punct markirt), so ist klar, dass die in der oberen Ableitungslinie a b liegenden Faserpuncte sämmtlich die Erregungswelle früher und stärker erhalten als die unteren Enden; es wird also zuerst ein absteigender, dann ein schwächerer aufsteigender Actionsstrom resultiren. Wahrscheinlich durch neigungsstromartige Summirung an den unteren Enden erscheint die letztere, abterminale Phase kräftiger als am Adductor magnus (zwischen beiden scheint in dieser Hinsicht der Triceps zu stehen). Die obere Muskelhälfte müsste grade umgekehrt zuerst aufsteigend, dann absteigend wirken; jedoch ist der Bau des Muskels hier wesentlich anders, der grösste Theil des oberen Neigungsstromes kann wegen der Einfaltung des oberen Spiegels überhaupt kaum nach aussen zur Wirkung kommen, so dass erstens die abterminale Phase der oberen Muskelhälfte meist gar nicht merklich ist (vgl. oben), und zweitens die obere Sehne im Ganzen wie eine Ableitung vom Längsschnitt zu betrachten ist. Bei Ableitung von beiden Sehnen sind in Folge dessen die Erscheinungen nicht wesentlich anders als bei Ableitung von Bauch und Achillessehne. Die erste, absteigende Phase rührt also zweifellos nicht vom Achillesspiegel, sondern vom Längsschnitt her, dagegen die zweite

Digitized by Google

aufsteigende vom Achillesspiegel. Mit Anätzen des letzteren fällt die zweite Phase aus schon angegebenem Grunde hinweg. Ueber Operationen an der oberen Sehne s. unten.

Mit einem Schlage klären sich nunmehr eine ganze Anzahl bisher dunkler Erscheinungen, vor Allem, warum die absteigende Phase der aufsteigenden vorangeht und sie übertrifft. Den Grund des ersteren Umstandes suchte schon du Bois in ungleichzeitigem Anlangen der Erregung an beiden Muskelenden, lehnte aber diesen Gedanken ab. Erstens sah er, da er die absteigende Phase irrthümlich dem unteren Ende zuschrieb, natürlich keinen Grund, warum die Erregung hier früher anlangen sollte, zweitens erschien ihm das Zeitintervall dazu zu gross, da bei einer Faserlänge von 7,5 mm allerhöchstens $^1/_{400}$ Secunde zwischen dem Beginn beider Actionsströme vergehen könnte, die Maxima aber etwa $^1/_{200}$ Sec. von einander abstehen[1]). Das erstere Bedenken ist durch unsere umgekehrte Deutung ohne Weiteres beseitigt; das zweite aber zu beseitigen finden sich schon bei du Bois-Reymond die Mittel; er meint nämlich, man könne sich beide Schwankungen gleichzeitig beginnend, ihre Maxima aber wegen verschiedenen zeitlichen Verlaufs zeitlich verschoben denken. Nun wenn die Verschiedenheit des zeitlichen Verlaufs die ganze Verschiebung von $^1/_{200}$ Sec. erklären kann, so wird sie um so mehr die halbe Verschiebung erklären können, wenn wir den Beginn des aufsteigenden Actionsstroms wegen der Leitungszeit später eintreten und ihn gleichzeitig langsamer sich entwickeln lassen. In der That zeigt unsre ganze obige Darstellung, dass der Abstand der Maxima über den Abstand des Beginns beider Actionsströme nichts aussagen kann; der ansteigende Theil der abterminalen Phase wird durch den absteigenden der atterminalen mehr oder weniger verdeckt, und es ist sehr möglich dass das eigentliche Maximum der ersteren mitverdeckt wird und das scheinbare Maximum einem späteren Theile entspricht; ich kann es unterlassen dies durch Curvenzeichnungen zu veranschaulichen.

Im Tetanus tritt im allgemeinen nur die algebraische Summe der entgegengesetzten Actionsströme auf; diese ist beim unversehrten Gastrocnemius, noch mehr nach Aetzung des Achillesspiegels, aus schon angegebenen Gründen absteigend. Der Strom ist beim

1) Vgl. a. a. O. 1875. p. 663.

Digitized by Google

unversehrten Muskel der Ausdruck der Erregungsdifferenz an beiden Ableitungsstellen. du Bois-Reymond meint, die Länge der Gastrocnemiusfasern sei für ausgiebiges Decrement zu gering. Aber worauf stützt sich diese Behauptung? Dass Strecken von wenigen Millimetern mächtige decrementielle Actionsströme liefern, zeigen die oben p. 196 und 223 f. mitgetheilten Versuche. Beim Gastrocnemius aber kommt wahrscheinlich noch ein verstärkendes Moment hinzu, nämlich eine neigungsstromartige Summirung. Das Stück 1 2 der zweiten Faser im letzten Schema, ebenso das Stück 2 3 der dritten, u. s. w., jedes dieser Stücke ist Sitz eines doppelsinnigen Actionsstroms, dessen absteigende Phase stärker ist, kann also für den Tetanus aufgefasst werden als Sitz einer absteigenden Kraft; diese Kräfte müssen sich wie beim Neigungsstrom säulenartig summiren. Besteht in der Ruhe ein aufsteigender Neigungsstrom, so ist der Actionsstrom besonders kräftig. Nicht bloss wird in diesem Falle jeder Actionsstrom verstärkt, weil die abterminale Phase wegfällt (p. 236), sondern es wird hier eine besonders günstige Ruhewirkung durch den ausgleichenden Actionsstrom mehr oder weniger in Wegfall gebracht.

Legt man durch Ueberdehnen, Einschneiden und Aetzen im Bereich der oberen Sehne künstlichen Querschnitt an[1]), so stellt sie, statt wie bisher vorzugsweise Längsschnittsableitung, mehr oder weniger reine obere Querschnittsableitung dar, und es ist begreiflich, dass dies die absteigende Componente des Actionsstroms um so mehr schwächen muss, je vollständiger man erreicht, dass die obere Sehne nur durch absterbende Substanz hindurch vom Muskel ableitet. Also nicht Verstärkung, sondern Wegfall des oberen Actionsstroms tritt hier ein, der untere wirkt in Folge dessen stärker. Dagegen bildet ein anderes Verfahren du Bois-Reymond's, den aufsteigenden Actionsstrom zu verstärken, nämlich die Umknetung des Muskels mit Thon[2]), einen scheinbaren Widerspruch zu unserer Darstellung; denn die Thonumhüllung soll nach ihm die untere Schwankung durch Nebenschliessung relativ mehr als die obere schwächen; es wäre also nach unsrer Theorie, sollte man meinen, Begünstigung des absteigenden Actionsstroms zu erwarten. Aber eine genaue Betrachtung lehrt, dass dem keineswegs so ist.

Der wahre Sachverhalt ist folgender: An einem nach du Bois-

1) Vgl. du Bois-Reymond, a. a. O. 1873. p. 551 ff., 585.

2) A. a. O. 1873. p. 554 ff., 585 ff.

Digitized by Google

Reymond's Vorschrift gut in Thon eingehüllten Gastrocnemius ragt stets nur die oberste Kuppe etwas aus der Umhüllung heraus; hier nämlich verhindert die zwischen Knochenstück und Muskel eingeschobene Elfenbeingabel der Spannvorrichtung das Anlegen des Thons, während unten, wo die Gabel die Sehne hart über dem Sesamknorpel fasst, eine völlige Einhüllung des Fleisches stattfindet. Ein solcher Muskel verhält sich nahezu so, als wäre nur die oberste Kuppe von Sehne und Längsschnitt abgeleitet, da alle Spannungen des eingehüllten Theils sich nahezu vollkommen in der Thonhülle abgleichen; nur bei kräftig entwickeltem unteren Strom macht sich derselbe ebenfalls grossen Theils geltend, so dass die herausragende Sehne sich negativ verhält gegen jeden Punct des Thons. In diesem Falle ist das Präparat etwa so zu betrachten, als wäre das unterste und das oberste Muskelstück, durch einen indifferenten Leiter getrennt, im Kreise. Das oberste Muskelstück, welches nach der Einhüllung in Thon vorzugsweise zur Geltung kommt, hat nun nach den directen Versuchen p. 240 ff. für sich genommen einen fast rein atterminalen, d. h. aufsteigenden Actionsstrom; dies muss um so mehr der Fall sein, wenn, wie es bei dem Einzwängen der kurzen Sehne in die Spanngabel fast stets eintritt, die obersten Faserenden theilweise künstlichen Querschnitt haben.

Die Erscheinungen am Gastrocnemius werden also durch die Alterationstheorie weit vollständiger erklärt als durch die du Bois'sche. Dennoch ist es gut daran zu erinnern, dass absolut vollständiges Verständniss bei diesem höchst complicirten Muskel kaum zu erwarten, und dass er zu principiellen Entscheidungen das ungeeignetste Object ist. Dass auch an ihm die an regelmässigen Muskeln mit voller Sicherheit gewonnenen Sätze sich auf das Schönste bewähren, ist immerhin willkommen; ihn ausführlich zu behandeln hatte ich ohnehin Grund genug, da die du Bois'schen Widerlegungsversuche sich zum Theil auf sein Verhalten stützen[1]).

1) Die beim Tetanisiren zuweilen vorkommenden doppelsinnigen Ablenkungen (vgl. du Bois-Reymond, a. a. O. 1878 p. 561 f.), — besonders bei Läsionen am oberen Gastrocnemiusende — können natürlich nicht nach gleichen Principien erklärt werden, wie die bei Einzelzuckungen. Die Umkehr fällt ja hier nicht in den Verlauf einer einzelnen Erregung, sondern erfolgt viel später während des Tetanus. Die Ursache liegt ohne Zweifel in den durch die Ermüdung bedingten Phasenverschiebungen, welche in beiden

Digitized by Google

Ich komme endlich zur Beleuchtung einiger noch nicht berührter Einwände du Bois-Reymond's gegen meine Erklärung der Actionsströme.

Für künstlichen Querschnitt und für parelectronomische Stromlosigkeit sei dieselbe freilich ausreichend, aber vor dem mässig parelectronomischen und vor dem durch hohe Parelectronomie verkehrt wirkenden Muskel stehe sie rathlos da, oder sei zu neuen „aus der Luft gegriffenen" Combinationen gezwungen.

Nach den Erörterungen meiner letzten Arbeit wird aber Niemand hinsichtlich der überaus einfachen Lösung dieser vermeintlichen Schwierigkeiten in Zweifel sein. Alle Ruheströme scheinbar unversehrter Muskeln rühren von Verletzungen einzelner Fasern her, und je nachdem die künstlichen Querschnitte der Längsschnitts- oder der Querschnittselectrode zu liegen, entsteht das, was die Präexistenzlehre parelectronomische Stromumkehr oder mässige Parelectronomie nennt. Die unversehrte Hauptmasse des Muskels giebt beim Tetanus wie gewöhnlich ihren decrementiellen Actionsstrom, zu welchem sich die ausgleichenden Actionsströme der verletzten Fasern einfach algebraisch summiren. So erklärt sich die „absolut negative" Schwankung auch der mässig oder übermässig parelectronomischen Muskeln einfach genug. Die Schwierigkeiten, welche du Bois-Reymond in der von mir früher angenommenen „Indolenz" abgekühlter Muskeln sieht, existiren längst nicht mehr; denn jene Annahme beruhte auf der irrthümlichen Angabe du Bois-Reymond's, dass Kälte die Parelectronomie begünstige; mit dieser Angabe fiel auch ihre Erklärung [1]). Hoffentlich wird Niemand noch länger auf die Ströme angeblich unversehrter Sartorii, Cutanei, Graciles etc., die Lehre von der Präexistenz, der parelectronomischen Stromumkehr etc. stützen, da kein einziger dieser Muskeln in ganzer Ausdehnung absolut unversehrt darstellbar ist.

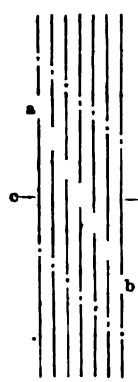
Muskelhälften um so unabhängiger von einander erfolgen, je verschiedener ihr Bau und ihr Zustand. Die algebraische Summe, welche im Tetanus zur Wirkung kommt, kann dadurch während des Tetanus ihr Vorzeichen ändern. Die du Bois'sche Erklärung kommt im Wesentlichen auf dasselbe hinaus.

1) Vgl. dies Archiv XV. p. 226. Ich habe übrigens von jeher behauptet, dass die Ströme vermeintlich unversehrter Muskeln nur von einem Theil der Fasern herrühren (vgl. meine Untersuchungen, Heft III. p. 53); die Schwierigkeit existirte also auch da nicht als ich noch an Indolenz abgekühlter Muskeln glaubte.

Digitized by Google

Einen Sartorius von den Eigenschaften desjenigen, dessen beide Enden gegen den Aequator eine Positivität von circa 0,0075 Dan. besitzen, und auf den ein grosses Lehrgebäude sich stützt[1]), kann man jederzeit künstlich herstellen, wenn man einem beliebigen Sartorius in der Aequatorgegend einige Fasern irgendwie verletzt, falls er nicht zufällig eine solche Verletzung schon an sich besitzt.

Ein weiterer Einwand gegen meine Theorie der Actionsströme betrifft den Gracilis[2]) und ist ebenfalls leicht zu beseitigen. Allerdings würde ein Muskel, der von einer sehnigen Scheidewand durchbrochen ist, bei Ableitung von Aequator und Ende keinen decrementiellen Actionsstrom zeigen, — wenn die Nervenenden in der Mitte der Fasern, und wenn die Inscriptio genau quer läge. Ersteres ist aber für den Gracilis nicht erwiesen, und letzteres nicht der Fall. Bei der sehr schrägen Lage der Scheidewand



muss aber offenbar — was du Bois-Reymond übersehen hat — die aequatoriale Ableitung, im nebenstehenden Schema durch die gedachte Linie c d dargestellt (die Lücke a b ist die Andeutung der Scheidewand), nur in den Bereich der längeren Fasern fallen und durchweg frühere und stärkere Erregungswellen empfangen als die Faserenden[3]); also der Actionsstrom muss im Tetanus atterminal sein. Dazu kommt noch dass die Gracilis-Enden kaum unversehrt präparirbar sind, so dass ausgleichende atterminale Actionsströme sich einmischen. Dass bei Rheotomversuchen mit Ableitung von Aequator und Ende nach du Bois-Reymond keine doppelsinnige Schwankung eintritt (vgl. oben p. 243), ist ziemlich gut erklärlich; die Faserenden erhalten nämlich wegen ihres ungleichen Abstandes von den Nervenpuncten die Erregung sehr ungleichzeitig, so dass sich die abterminale Phase gleichsam verzettelt; etwas Aehnliches ist freilich auch bei der atterminalen vorhanden, aber erstere, die schon an sich eine zarte Erscheinung ist, wird durch ungünstige Umstände viel mehr gefährdet werden als die andere.

1) Du Bois-Reymond, a. a. O. 1873. p. 543.

2) A. a. O. 1876. p. 362.

3) Die kurzen Fasern sind natürlich wirkungslos, weil sie mit beiden Enden eingeschaltet sind; bei Untersuchung der unteren Muskelhälfte giebt z. B. die letzte Faser rechts nur die Erregungsdifferenz d—b.

Digitized by Google

Endlich der letzte Einwand du Bois-Reymond's ist hergenommen von der sog. „terminalen Nachwirkung". Von der inneren Nachwirkung, d. h. der nach dem Tetanus zurückbleibenden Schwächung des Muskelstroms, giebt er zu, dass ich sie erklären könne. „Wäre nur überhaupt verständlich, warum der Muskel, nachdem er durch einen dem Absterben vergleichbaren Vorgang negativ ward, seine natürliche Beschaffenheit im Nu fast vollständig wiedergewinnt". Aber hat denn etwa du Bois-Reymond erklärt, warum seine Molekeln ihre Kraft im Nu fast vollständig wiedergewinnen, warum der Muskel nach der Contraction im Nu seine Länge wiedergewinnt; ist hier nicht überall das gleiche Räthsel? — Dagegen die „terminale" Nachwirkung und ebenso der eigenthümliche zeitliche Verlauf der Schwankung bei natürlichem Faserende seien für mich unerklärbare Erscheinungen.

Unter „terminaler Nachwirkung" versteht du Bois-Reymond eine an die Existenz des natürlichen Querschnitts gebundene, nach dem Tetanus zurückbleibende, atterminale electromotorische Kraft. Er nimmt an, dass sie ein Residuum der anbrandenden Erregung sei, das am künstlichen Querschnitt nur durch das beständig vorrückende Absterben immer wieder beseitigt werde, und das zugleich die Ursache der Parelectronomie darstelle. Beide letztere Annahmen sind übrigens sehr bedenklicher Art; denn erstens sollte man meinen, dass (was nicht beobachtet wird) durch sehr kräftiges und anhaltendes Tetanisiren auch der künstliche Querschnitt terminale Nachwirkung zeigen müsste, indem sein Absterben nicht schnell genug vorrückt; zweitens gelingt es auch am natürlichen Querschnitt nicht, durch Tetanisiren die Parelectronomie dauernd zu vermehren[1]). Hätte ich trotz dieser Umstände jene Annahme gemacht und aufrecht erhalten, so wäre mir Tadel seitens du Bois-Reymond's nicht erspart geblieben.

Nach du Bois-Reymond unterscheidet sich die Schwankung bei natürlichem Querschnitt von der bei künstlichem durch eine stockende, unterbrochene Entwicklung, eine geringere absolute Grösse und eine beträchtlichere Nachwirkung. Auch ich habe zahlreiche Erfahrungen über diesen Punct gesammelt, und kann die genannten Angaben im Wesentlichen bestätigen; nur sind jene Unterschiede nicht so constant wie ich nach der Darstellung

1) Vgl. a. a. O. 1876. p. 148.

Digitized by Google

du Bois-Reymond's erwartete. Ausnahmslos ist der Grössenunterschied der Schwankung zu constatiren (dass er aber nur für Tetanus durchgängig gilt, ist schon oben p. 209 erwähnt). Den langsamen, stockenden, häufig deutlich beschleunigten Gang zeigt am regelmässigsten der Gastrocnemius, durchaus nicht regelmässig die Oberschenkelmuskeln; bei diesen kommt es sehr häufig vor, dass vor und nach der Entwicklung der Verlauf der Schwankung nicht den mindesten Unterschied zeigt. Was die Nachwirkung betrifft, so ist auch hier das characteristische Verhalten, dass der Magnet aus der abgelenkten Stellung während und nach der Reizung kaum zurückkehrt, beim Gastrocnemius am schönsten und stärksten ausgebildet; unvergleichlich weniger bei Oberschenkelmuskeln. Drückt man für letztere den Betrag der Nachwirkung in Procenten der Schwankung selbst aus, so findet man, dass am unversehrten Muskel der Procentsatz bei wiederholten Reizungen rasch abnimmt, am stärksten nach der ersten Reizung. Wird nun, nachdem man unterdess geätzt hat, die Reihe der Reizungen fortgesetzt, so nehmen die Procentzahlen entweder in ähnlicher Reihe weiter ab, oder sie erfahren selbst eine Auffrischung; letzteres ist sogar sehr häufig. Die Nachwirkung ist also bei Oberschenkelmuskeln nach Anlegung des künstlichen Querschnitts häufig nicht bloss absolut, sondern auch relativ zur Schwankung selbst, grösser als vorher. Auch beim Gastrocnemius kommt es, wie ich mit voller Bestimmtheit beobachtet habe, zuweilen vor, dass nicht bloss die absolute, sondern selbst die relative Grösse der Nachwirkung durch die Aetzung zunimmt.

Was nun die Erklärung dieser Erscheinungen betrifft, so ist es auch du Bois-Reymond nicht entgangen, dass sie aus der Alterationstheorie ganz unmittelbar folgen, während die Präexistenzlehre besondere Annahmen machen muss. Zunächst ist es klar, dass der tetanische Actionsstrom unversehrter Muskeln, als Differenz zweier einander entgegenwirkender Stromkräfte a — b, nothwendig kleiner sein muss, als nach Anlegung künstlichen Querschnitts, wo die kleinere Kraft b in Wegfall kommt; ja dies wird noch dann der Fall sein, wenn die Kraft a, wie es in der That geschieht (s. unten), durch Erregbarkeitsabnahme in Folge der Verletzung erheblich geschwächt wird. Dass ferner der Kampf zweier von einander unabhängiger Grössen, welche beständig auf- und abwogen, zu stockendem Verlaufe der Ablenkung die Bedin-

Digitized by Google

gungen in sich trägt[1]), ist ebenso klar. Zu berücksichtigen ist ferner für jede Erklärung, dass Anlegen des künstlichen Querschnitts doch noch etwas anderes macht, als Wegnahme der natürlichen Enden (mit ihrer parelectronomischen Schicht), dass diese eingreifende Verletzung den ganzen Muskel schädigt, schwächt und vergänglicher macht, dass also nicht ohne Weiteres jeder Unterschied im Verhalten des unverletzten und des verletzten Muskels auf Eigenschaften des natürlichen Faserendes gedeutet werden darf.

Auf Grund sehr zahlreicher Versuche bin ich zu folgender Anschauung von den inneren Vorgängen im tetanisirten Muskel gelangt, die sich mir unmittelbar aufdrängte, während ich die Bewegung des Magneten bei und nach der Reizung beobachtete.

Wird ein unversehrter Muskel tetanisirt, so ist das Decrement der Erregung anfangs gering, wächst aber während des Tetanus beständig durch die Ermüdung. Wachsthum des Decrements bedeutet aber nicht bloss verminderte Erregung an den entfernteren Muskelstellen, sondern an der ersten Erregungsstelle gleichsam Anhäufung der nicht fortgeleiteten Erregung; das beste Bild der Veränderung bietet die idiomusculäre Contraction; der Muskel gewinnt immer mehr die Eigenschaften einer zähen Masse, die den local erhaltenen Eindruck, statt ihn weiterzuleiten, immer dauernder behält. So erklärt sich erstens der eigenthümliche Gang der Ablenkung; entstände der Actionsstrom momentan in voller Stärke, so würde der aperiodische Magnet, als würde ein constanter Strom geschlossen, die neue Gleichgewichtslage mit erst zunehmender, dann abnehmender Geschwindigkeit einnehmen. Da aber der Actionsstrom während des Tetanus fortwährend zunimmt, so hat

---

1) Nachdem du Bois-Reymond dies anerkannt (a. a. O. 1876. p. 360), macht er später (p. 371) den Einwand, dass der aus einem Kampfe hervorgehende Actionsstrom symmetrischer Längsschnittspuncte bei directer Partialreizung von stockendem Verlauf nichts erkennen lasse. Allein erstens ist nach meinen Beobachtungen (vgl. oben p. 201, 227) kein wesentlicher Unterschied im Verlauf, mag das Muskelende im Spiel sein oder nicht; zweitens kann sehr wohl das Auf- und Abwogen der Componenten durch irgend einen Umstand bei Reizung vom Nerven aus grösser sein; drittens dürfte die gegenseitige Unabhängigkeit der beiden wogenden Actionsströme grösser sein wenn die Ableitungsstellen auf beiden Seiten der Reizstelle liegen, als wenn sie auf der gleichen Seite sind; die gegenseitige Unabhängigkeit muss aber den stockenden Verlauf begünstigen.

Digitized by Google

die Bewegung jene langsame, kriechende, häufig stockende Form. Zweitens erklärt sich die starke Nachwirkung des Stromes aus dem Gesagten ganz von selbst; man begreift leicht, dass unter Umständen das Maximum der Ablenkung längere Zeit gradezu die Reizung überdauert, grade als hätte jede Faser an der Nerveneintrittsstelle einen idiomusculären Wulst.

Wird aber künstlicher Querschnitt angelegt, so ist das Decrement der Erregungswelle ganz ohne Einfluss, also auch die Zunahme dieses Decrements, d. h. es ist kein Grund für Zunahme des Actionsstroms mehr vorhanden, derselbe ist vielmehr im Beginn des Tetanus am stärksten und der Magnet bewegt sich rasch der neuen Gleichgewichtslage zu (die Ablenkung ist aus schon angegebenen Gründen diesmal grösser); noch ehe aber dieselbe erreicht ist, hat der Strom durch einfache Ermüdung schon beträchtlich abgenommen, daher die rasche Umkehr des Magneten, gegenüber welcher leichtes Auf- und Abwogen der Kraft ganz einflusslos bleibt. Die Nachwirkung ist, wie schon bemerkt, absolut genommen, häufig grösser als vor der Anlegung des künstlichen Querschnitts, wenn auch relativ zum Actionsstrom kleiner. Dass sie absolut grösser sein kann (was die du Bois'sche Theorie nicht zu erklären vermag), rührt daher, dass sie vorher die Differenz zweier freilich sehr ungleicher Nachwirkungen darstellte, jetzt nur die grössere für sich. Durch die verminderte Erregbarkeit in Folge der Verletzung kann es kommen, dass auch absolut genommen die Nachwirkung kleiner ist als vorher, wie ja der stärkere Actionsstrom selbstverständlich nicht beweist, dass die Erregung irgendwo grösser ist als vor der Verletzung. Die Erscheinungen im zeitlichen Verlauf und in der Nachwirkung sind also vollkommen erklärbar ohne die Annahme, dass neben der innern noch eine besondere „terminale" Nachwirkung existirt.

Einen directeren Beweis für die Existenz einer terminalen Nachwirkung sucht du Bois-Reymond durch einen Versuch zu liefern, welcher zeigt, dass bei successiver Partialentwicklung des Achillesspiegels ein eingeschobener Tetanus eine etwas vergrösserte Entwickelung nach sich zieht, woraus geschlossen wird, dass der Tetanus eine verstärkte Parelectronomie zur Nachwirkung habe. Die Bedingungen dieses Versuchs sind ungemein complicirt; der Muskel ist nach dem Tetanus in schneller Zunahme des Stromes durch schwindende Nachwirkung begriffen, und es wird sich trotz

Digitized by Google

aller Betrachtungen der Argwohn nicht ganz beseitigen lassen, dass das geringe Plus an entwickelnder Wirkung der nachfolgenden Aetzung auf Rechnung schwindender Nachwirkung zu setzen sei. Jedenfalls ist es sehr wünschenswerth, dass es gelinge einen überzeugenderen Versuch zur Prüfung einer so wichtigen Thatsache zu ersinnen.

Aber die Thatsache als richtig angenommen, was beweist sie für die du Bois'sche und gegen meine Theorie? Beide können sie nicht erklären, keiner von beiden widerspricht sie. Ist sie etwa im mindesten erklärt durch die Aeusserung dass die am Faserende anlangende Erregungswelle daselbst in terminale Nachwirkung umgesetzt werde?[1]) Warum bleibt nicht, da doch die Welle nichts anderes ist als „ein Ort, wo die Muskelsubstanz zeitweilig die in ihr vorherbestehenden Gegensätze ganz oder zum Theil eingebüsst hat, sei's durch Verminderung der electromotorischen Kraft, sei's durch solche Lageänderung kleiner electromotorischer Flächen, dass keine oder geringere Wirkung nach Aussen gelangt"[2]), dieser Zustand am Ende der Faser bestehen? Dass die Halbmolekeln, welche überall in ihren früheren Zustand zurückkehren, am Faserende ausnahmsweise statt dessen für gewisse Zeit in die sog. parelectronomische Lagerung übergehen, ist genau so unerklärlich und unvermittelt, als wenn ich sage, die Negativität, welche die Erregung setzt, und welche überall in der Continuität dem gewöhnlichen Zustande wieder Platz macht, schlägt am Faserende statt dessen in eine vorübergehende Positivität um (vgl. oben p. 217). Vielleicht könnte man sich bei letzterem Ausdruck der Thatsache, wenn diese selbst nur etwas sicherer wäre, sogar noch mehr denken als bei ersterem.

Gewisse Aeusserungen du Bois-Reymond's könnten den Glauben erwecken, jede Erscheinung, welche meine Theorie nicht erklären könne, sei ein Einwand gegen dieselbe, während es der Moleculartheorie erlaubt sei, für jede neue Erscheinung einen neuen selbstständigen Zusatz zur Theorie ad hoc zu entwickeln[3]). Dem ist aber nicht so. Meine Theorie ist keine letztinstanzliche, keine welche die Erscheinungen aus bekannten Naturgesetzen, aus den

1) A. a. O. p. 149.
2) A. a. O. p. 374.
3) Vgl. Berliner acad. Monatsber. 1867. p. 631.

Digitized by Google

allgemeinen Eigenschaften der Materie herleitet. Die Sätze, auf welche ich alle bekannten galvanischen Erscheinungen an Muskeln und Nerven zurückführe, — nämlich das negativ electrische Verhalten des durch den Absterbe- oder Erregungsprocess veränderten Faserinhalts gegen den unveränderten, die innere Querpolarisirbarkeit der Fasern und das polarisatorische Increment der Erregung — sind keine an sich bekannten Naturgesetze, sondern nur der einfachste Ausdruck der empirischen Thatsachen, ganz wie nach du Bois-Reymond's Ansicht seine Sätze über die Eigenschaften und Lage der Molekeln. Neue Thatsachen, welche den genannten Sätzen nicht widersprechen, stossen auch die Theorie nicht um, sondern würden, wenn sie sicher sind, nur zur Aufstellung von Zusätzen führen, wie sie du Bois-Reymond jedesmal in solchem Falle macht. Wenn solche Zusätze sich mehren sollten, so könnte allerdings der Vorzug der grossen Einfachheit und Natürlichkeit, den die Theorie hat, in Gefahr kommen, wie ja die vielen Zusätze auch die ursprünglich ganz einfache Moleculartheorie kaum weniger verdächtigt haben, als die allmählich bekannt gewordenen Thatsachen, welche ihr direct widersprechen. Ob nun wirklich die terminale Nachwirkung zur Erweiterung meiner Theorie nöthigen wird, wird sich erst dann sagen lassen, wenn die Erscheinung sicherer festgestellt sein wird; in welcher Richtung dieselbe etwa geschehen müsste, ist schon oben angedeutet. Für die du Bois'sche Theorie wäre hier eine Art Bestätigung, wenn sie wirklich den Schlüssel zur Entstehung der Parelectronomie lieferte; dass dies aber durchaus nicht der Fall ist, habe ich schon hervorgehoben.

Die von mir gewonnenen Sätze haben aber ausser der Bedeutung die Erscheinungen einfach zu erklären noch den Vorzug, eine allen Protoplasmen gemeinsame Eigenschaft aufzudecken, nämlich die, jeden Eingriff durch eine electromotorische Reaction zu beantworten. Es müsste seltsam zugehen, wenn diese Reaction nicht mit den Lebenseigenschaften der Protoplasmen, der Heilung von Verletzungen, und der Fortleitung und localen Beseitigung der Erregung in einem höchst innigen Zusammenhang stände, welchen aufzuklären eine der nächsten Aufgaben der Forschung sein wird.

Ich benutze diese Gelegenheit, um ein Missverständniss aufzuklären, zu welchem (wie ich durch Mittheilung von befreundeter Seite weiss) ein Versuch in meiner letzten Arbeit Anlass geben

Digitized by Google

könnte[1]). Um zu zeigen, dass der anfängliche Minderbetrag des Stromes nach Anlegung des künstlichen Querschnitts nicht von negativer Schwankung durch die mechanische Erregung herrührt, wird der schon seiner Sehnenhaut beraubte Muskel nochmals durch ein Anreissen mit der Fischhaut mechanisch erregt, wobei der Strom während der Schliessungszeit seinen vollen Werth zeigt. Man könnte glauben, es werde durch den zweiten Riss ein neuer, dem ersten paralleler Querschnitt angelegt, in welchem Falle natürlich wieder eine Entwicklungszeit sich kundgeben müsste. Das ist aber nicht der Fall; die Fasern werden allerdings in der Nähe des ersten Risses von neuem gequetscht, aber von Anlegung neuer, in den Bereich unveränderten Muskelinhalts fallender Querschnitte kann begreiflicherweise nicht die Rede sein[2]); es ist deshalb auch für den Hauptversuch nicht gleichgültig, ob der Sehnenspiegel schon lädirt ist oder nicht (vgl. a. a. O. p. 206).

Anhang. Ueber Actionsströme bei natürlicher Muskelthätigkeit.

Schliesslich mögen noch eine Anzahl Erfahrungen über das electromotorische Verhalten der Muskeln im unversehrten Körper hier ihre Stelle finden.

Beim Menschen stösst bekanntlich die Untersuchung, ob in der Ruhe Muskelströme vorhanden sind, auf unüberwindliche Schwierigkeiten[3]). Zu einer Zeit, wo die Präexistenz für den Frosch nachgewiesen schien, glaubte man auch für den Menschen keinen Grund zu haben, sie zu bezweifeln. Seitdem umgekehrt die Stromlosigkeit für Frosch und Fisch erwiesen ist, ist kein Anlass, beim Menschen Ruheströme zu vermuthen.

Bei der natürlichen Muskelcontraction des Menschen sind also

1) Vgl. dies Archiv XV. p. 217 f.

2) Die wirkliche Anlegung eines zweiten Querschnitts würde natürlich denselben Unterschied in den Ablenkungen A und B hervorbringen wie das erste Mal. Es ist dabei gleichgültig ob der entwickelte Strom compensirt ist oder nicht. In meinem Versuch habe ich die schwachen Ströme der verwendeten Muskeln vor dem ersten Schlage stets compensirt, weil dies die Betrachtungen sehr vereinfacht.

3) Vgl. du Bois-Reymond, Untersuchungen über thier. Electr. II. 2. p. 186 ff.

Digitized by Google

nach unsren jetzigen Kenntnissen ausgleichende Actionsströme nicht zu erwarten, wohl aber decrementielle[1]). Der berühmte Versuch du Bois-Reymond's[2]) zeigt nun bekanntlich sowohl im Arm als im Bein bei kräftiger Muskelanspannung einen schwachen, aber deutlichen und regelmässigen aufsteigenden Strom.

Ich habe diesen Strom, den wohl jeder Lehrer der Physiologie häufig für die Vorlesung darzustellen und zu bestätigen Gelegenheit gehabt hat, neuerdings in Bezug auf seine Kraft näher untersucht, und zwar am Arm. Beide Zeigefinger tauchten, während die Hände durch Umfassen von Rundhölzern nach du Bois'scher Vorschrift fixirt waren, in gesättigte Zinksulphatlösung. Die Ablenkung wurde verglichen mit derjenigen, welche ein zugelassener Compensatorzweig von bekannter Kraft hervorbrachte, und dadurch die Kraft bestimmt. So fand ich als Maximum für einen kräftigen (linkshändigen) Mann: am linken Arm 0,0023, am rechten 0,0014 Dan. Da die Wirkung bekanntlich auch von der Geschicklichkeit in der Anspannung der Muskeln und im Schlafflassen des andern Arms beruht, mögen wohl bei einem gleich kräftigen Manne auch etwas höhere Werthe vorkommen.

Die verhältnissmässig geringe Kraftgrösse trotz der ungeheuren Entfaltung von Muskelleistung — ein Frosch-Gastrocnemius kann das 10-fache an Actionsstromkraft liefern — hat nichts Wunderbares. Denn der beobachtete Actionsstrom wäre ja, abgesehen von der Nebenschliessung durch die Haut, nur eine algebraische Summe zahlreicher atterminaler Ströme von entgegengesetzter absoluter Richtung, und die Summe könnte ebensogut zufällig Null sein.

Der Wunsch liegt indessen nahe, eine einzelne Muskelgruppe so in den Kreis zu bringen, dass keine algebraische Summe, sondern ein einheitlicher Actionsstrom zur Geltung kommt. Ich glaubte dies erreichen zu können, indem ich vom dicken Fleisch des Vorderarms und von der Gegend dicht über dem Handgelenk ableitete, also die unteren Enden der Vorderarmmuskeln im Kreise hatte; ich erwartete einen kräftigen atterminalen, d. h. absteigenden Actionsstrom zu finden, so kräftig, dass er alle vorauszusehenden Störungen siegreich überwand. Allein diese Erwartung wurde ge-

1) Phasische könnten nur bei Rheotomversuchen zur Beobachtung kommen.

2) A. a. O. II. 2. p. 276 ff.

Digitized by Google

täuscht. — Ich führte auch hier (vgl. oben p. 194) Fadenableitung ein, nach einer Methode, welche zuvor beim du Bois'schen Versuch mit Zeigefingerableitung als vollkommen zuverlässig erprobt war. Dicke alte, gut ausgewaschene, aufgeriebene und mit Zinklösung getränkte Seile wurden um die bezeichneten Stellen des Vorderarms herumgeschlungen. Jedes war an der abschüssigsten Stelle durch eine Schlinge von ebensolchem Seil gezogen, welche in einer besonders construirten Röhrenelectrode befestigt war. Die Röhrenelectroden, welche an den Ableitungsschlingen frei herabhingen, waren so eingerichtet, dass keine Störung durch herabträufelnde Lösung eintreten konnte. Diese Hängeelectroden gestatten, den Arm ungezwungen in jeder beliebigen Stellung zu halten[1]). — Statt des erwarteten kräftigen absteigenden Stromes traten immer nur schwache Ströme von ganz inconstanter Richtung bei Contraction der Vorderarmmuskeln auf. Die Richtung blieb mitunter in einer stundenlangen Versuchsreihe constant, sei es aufsteigend, sei es absteigend, wechselte aber auch in manchen Fällen mitten in der Reihe ohne ersichtlichen Grund. — Bemerkenswerth ist, dass auch bei Ableitung von beiden Handgelenken Anstrengung eines Armes keinen regelmässigen Strom giebt (meist absteigend), obgleich die gleiche Situation, wenn von beiden Zeigefingern abgeleitet wird, regelmässig mit aufsteigendem Strom verbunden ist. — Auch bei Ableitung vom Oberschenkel, wobei die Seilschlingen hoch oben und dicht über dem Knie angelegt wurden, gelang es nicht, den erwarteten kräftigen absteigenden Strom bei der Contraction nachzuweisen; die Ströme waren hier sehr schwach, allerdings meist absteigend, aber auch häufig aufsteigend.

Die Ursache der Unregelmässigkeiten liegt höchst wahrscheinlich in den schon von du Bois-Reymond (a. a. O.) festgestellten mannigfachen electromotorischen Wirkungen der Haut, die selbst bei grösster Sorgfalt hinsichtlich der Vermeidung von Spannung, Faltung, Verschiebung etc. sich nicht ausschliessen lassen, ausser in dem einen Fall mit Ableitung von den Fingern. Nur hatte ich nicht erwartet, dass diese Unregelmässigkeiten so gross wären, um den mächtigen atterminalen Strom, den man in den bezeichneten Fällen zu erwarten berechtigt ist, zu verwischen. Man wird dadurch sehr zweifelhaft, ob dieser Strom vorhanden ist.

1) Man hat darauf zu achten, dass die Hängeelectroden nicht durch Annäherung an den Körper erwärmt werden (vgl. dies Arch. XIV. p. 485).

Digitized by Google

Wir sind also hinsichtlich des Actionsstroms am Menschen noch immer auf den du Bois'schen Strom angewiesen, der, als algebraische Summe, keinerlei Schluss gestattet bezüglich seiner gesetzmässigen Beziehung zum Einzelmuskel. Dieser Strom kann am einzelnen Muskel ebensogut abterminal wie atterminal, ebensogut kräftig wie schwach sein, der Versuch sagt hierüber absolut nichts aus. Ja dass dieser Strom überhaupt ein Actionsstrom sei, ist eigentlich nur durch Exclusion bewiesen, d. h. es lässt sich keine andere bestimmte Ursache mit irgend welcher Berechtigung behaupten; ausserdem fehlt ihm bekanntlich eine der wichtigsten Eigenschaften des tetanischen Actionsstroms, nämlich die, secundären Tetanus zu machen[1]).

Auch mir ist letzteres trotz vielfacher Bemühungen nie gelungen. du Bois-Reymond meint, der menschliche Actionsstrom sei hierzu zu schwach. Aber ich überzeugte mich auf das Schlagendste, dass dies nicht der Grund ist. Zunächst wurde in den gleichen Kreis mit dem menschlichen Körper (beide Zeigefinger) ein ausgespannter Gastrocnemius eingeschaltet, der von Längsschnitt und Achillessehne in gewöhnlicher Weise mit Fadenschlingen abgeleitet, und dessen Nerv mit der secundären Spirale des Magnetelectromotors verbunden war[2]). Der gleiche Kreis enthielt ferner jedesmal den Nerven eines stromprüfenden Froschschenkels, der jedoch, ähnlich wie die Boussole, für gewöhnlich durch einen Nebenschlüssel abgesperrt war; die Electroden des Nerven waren gewöhnliche Zinkdrähte. Man kann nun zunächst die Ablenkungen durch den künstlichen Tetanus des Gastrocnemius und den willkürlichen des Arms unmittelbar vergleichen, da der Widerstand für beide derselbe ist. Die erstere ist schon bei sehr mässiger Reizung (Rollenabstand 150—300) (und ohne Aetzung des Achillesspiegels) meist grösser als die letztere und kann sie bei starker Reizung um viele Male (bis zum 10fachen) übertreffen. — Lässt man nun aber statt der Boussole den stromprüfenden Nerven in den Kreis, so macht der Gastrocnemius ganz regelmässig secundären Tetanus, der menschliche Arm niemals.

Dieser Versuch beweist zunächst, dass nicht etwa der Wider-

1) Vgl. du Bois-Reymond, a. a. O. II. 2. p. 304 ff., 369.

2) Zuweilen liess ich diesen Gastrocnemius unenthäutet, um ihm eine Schwächung durch Nebenschliessung zu geben.

Digitized by Google

stand des menschlichen Körpers zu gross ist, um einer Actionsstromkraft, wie sie ein ungeätzter Gastrocnemius bei durchaus nicht maximaler Reizung entwickelt, die Erregung des secundären Tetanus unmöglich zu machen; man kann auch ruhig noch den Boussolwiderstand hinzufügen, der secundäre Tetanus tritt doch ein. Aber noch immer bleibt es möglich, dass die Kraft des willkürlichen Actionsstroms, die ja wie die Boussole zeigt kleiner ist, als die des künstlichen, zum secundären Tetanus nicht ausreicht. Allein ich habe mehrere Fälle beobachtet, wo der willkürliche Tetanus grössere Ablenkung an der Boussole gab als der mässig gereizte Gastrocnemius, und doch letzterer secundären Tetanus gab, ersterer nicht.

Noch sicherer aber werden wir durch folgende Betrachtung. Der Actionsstrom des ganzen Arms kann, als algebraische Summe, sehr geringe Kraft haben (vgl. oben). In den oben erwähnten Versuchen an den unteren Hälften der Vorderarm- und der Oberschenkelmuskeln kann aber, sollte man meinen, kein Zweifel sein, dass der hier einheitliche Actionsstrom mächtig genug sein muss um das zu leisten, was ein Froschgastrocnemius vermag. Mag auch für die Boussole dieser Strom, wie wir oben sahen, durch fremde Wirkungen verdeckt werden, für die physiologische Wirkung, die auf der Discontinuität beruht, ist die Summation eines beständigen Stromes gleichgültig. Und doch wird auch in diesen Versuchen der eingeschaltete Nerv niemals durch die menschlichen Muskeln erregt, wohl aber mit Leichtigkeit durch den gleichzeitig eingeschalteten, künstlich tetanisirten Gastrocnemius.

Es liegt also in der Natur der beim willkürlichen Tetanus auftretenden Ströme, dass sie unter keinen Umständen secundären Tetanus machen. Ausser der soeben beseitigten deutet du Bois-Reymond noch eine andere Erklärung an, nämlich dass beim willkürlichen Tetanus die Phasen der einzelnen Muskeln nicht so einheitlich zusammenwirken wie beim künstlichen; doch gilt dies gewiss nicht für den Versuch mit dem Vorderarm oder Oberschenkel. Endlich könnte man daran denken, dass vielleicht die geringe Reizfrequenz des willkürlichen Tetanus (nach Helmholtz 19,5 p. sec.) für secundären Tetanus nicht geeignet sei. Ich habe deshalb in den oben angeführten Versuchen dem Nerven des im Kreise befindlichen Gastrocnemius die Inductionsströme bei ganz langsam schwingender Feder zugeleitet, aber auch so secundären

Digitized by Google

Tetanus erhalten, der nur in diesem Falle mehr discontinuirlich d. h. in eine rasche Folge von Einzelzuckungen aufgelöst war.

So geht denn also den von du Bois-Reymond entdeckten und als willkürliche Actionsströme bezeichneten Strömen eine sehr wesentliche Eigenschaft der Actionsströme ab, und zwar ohne dass dafür ein plausibler Grund angegeben werden kann. Im Verein mit den oben schon erwähnten Umständen, sowie einer auffallenden Eigenschaft der Nachwirkung[1]), nöthigt uns dies zu dem Geständniss, dass wir über Actionsströme des ganz unversehrten Muskels bei natürlicher Anstrengung fast Nichts wissen. Es wäre denkbar, dass dieselben überhaupt nicht vorhanden sind, d. h. dass die normale Erregungswelle im normalen Muskel kein Decrement hat, wie schon oben p. 203 angedeutet wurde.

Auch am Frosche ist die wichtige Frage, ob der Muskel im Naturzustande und bei natürlicher Anstrengung Decrement und Actionsstrom zeigt, nicht leicht zu entscheiden. Die älteren du Bois'schen Multiplicatorversuche[2]) sind nicht beweisend, weil bei ihnen die Haut durchgeätzt, und die unterliegenden Muskeln angeätzt waren, so dass sich ausgleichende Actionsströme einmischen mussten. Dagegen gelang es du Bois-Reymond, am unversehrten Frosche, den er vom Rückenmark aus reizte, den Actionsstrom des unversehrten Gastrocnemius durch secundäre Zuckung und Tetanus sicher nachzuweisen, indem er den stromprüfenden Nerven der Wadenhaut auflegte. Derselbe Versuch gelang auch in wenigen Fällen mit Strychnintetanus. Ich selbst habe 1868 mit Vermeidung der Durchätzung am lebenden Frosch, der vom Rückenmark aus tetanisirt wurde, im Beine absteigenden Actionsstrom galvanometrisch nachgewiesen[3]). Neuerdings habe ich diesen Versuch so wiederholt, dass an der unenthäuteten Wade mit Fadenschlingen abgeleitet wurde. In gleicher Weise konnte ich auch den Actionsstrom durch Strychnintetanus nachweisen. Dagegen ist mir secun-

1) Vgl. a. a. O. II. 2. p. 291; Arch. f. Anat. u. Physiol. 1876. p. 129. — Nicht bloss langsame Umkehr, sondern auch völliges Stehenbleiben auf der Höhe und selbst Zunahme der Ablenkung sieht man nach Beendigung der Contraction ganz gewöhnlich; wegen der Polarisation und der schwingenden Nadel konnte dies in du Bois' älteren Versuchen nicht so sehr hervortreten.

2) A. a. O. II. 2. p. 180 ff.

3) Untersuchungen etc. III. p. 62.

Digitized by Google

dären Tetanus, — im ersteren Falle eine regelmässige Erscheinung, — durch Strychnin am unversehrten Frosch zu erhalten nicht gelungen. Wenn man bedenkt, dass die tetanische Reizung des Rückenmarks und der Strychnintetanus abnorm heftige Muskelanstrengungen machen, so ist zu bedauern, dass wir kein Mittel besitzen, den Frosch mit Sicherheit zu willkürlichem Tetanus zu veranlassen. Bis dahin muss die Frage, ob die ganz normalen Muskelcontractionen des Lebens mit atterminalen Actionsströmen verbunden sind, und die eng damit zusammenhängende, ob in diesem Zustande ein Decrement der Erregungswelle vorhanden ist, als eine offene betrachtet werden. Bemerkenswerth ist, dass in den Versuchen am unversehrten Frosch, wo also der Muskel normale Ernährung hat, der Actionsstrom häufig im Beginn des Tetanus ganz fehlt, oder kaum merklich ist, und sich sichtlich erst während desselben entwickelt.

(Aus dem physiologischen Laboratorium in Zürich.)

Zur Lehre vom Einflusse der Reizstelle und Reizstromrichtung im Nerven.

Von

L. Hermann.

Im Decemberheft 1875 der Wiener academischen Sitzungsberichte hat E. Fleischl die Angabe gemacht, dass absteigende Reizströme am Nerven bei höherer Stromlage stärker erregend wirken, aufsteigende bei tieferer. Tiegel hat seitdem (dies Archiv XIII. p. 598) die Richtigkeit dieses Gesetzes bestritten.

Ich erlaube mir deshalb, darauf aufmerksam zu machen, dass ich die von Fleischl angegebene Erscheinung schon drei Jahre vor Fleischl publicirt habe (Februar 1873, dies Archiv VIII. p. 361), was ihm entgangen ist. Sie trat a. a. O. als Bestätigung eines von mir auf anderm Wege gefundenen allgemeineren Ge-

Digitized by Google

setzes auf, welches zugleich ihre Erklärung enthielt. Es heisst daselbst:

„Schliesslich muss ich noch eine Bestätigung unsres Gesetzes[1]) erwähnen, zu welcher ich ganz unerwartet in Folge einer zufälligen Beobachtung gelangt bin. Bei den S. 340 ff. besprochenen Versuchen fiel mir nämlich auf, dass bei der Schliessung des polarisirenden Stromes häufig Tetanus auftrat. In allen Versuchen aber folgte das Auftreten dieses Tetanus einem deutlich in die Augen springenden Gesetz: War der Strom aufsteigend, so trat der Tetanus stets leichter, resp. bei schwächeren Strömen auf in der unteren Stromlage; war aber der Strom absteigend, so war der Tetanus begünstigt durch die obere Stromlage. In einer Reihe ad hoc angestellter Versuche bestätigte sich dies Gesetz durchgängig, sobald überhaupt Tetanus auftrat. Ferner zeigten auch die Schliessungszuckungen der schwachen Ströme eine analoge Beziehung. Sobald überhaupt Unterschiede in der Stärke der Schliessungszuckung beider Stromlagen vorkamen, war stets bei aufsteigendem Strom in der unteren Stromlage, bei absteigendem in der oberen die stärkere Schliessungszuckung vorhanden.“ Folgt dann die Erklärung aus dem Gesetz des polarisatorischen Increments, welche allerdings gegenüber einigen weiteren von Fleischl angegebenen Thatsachen (Wiener Sitzungsber. Nov. 1876) anscheinend der Revision bedarf. Hier wollte ich mir nur die Priorität für die Grundthatsache wahren.

---

1) Nämlich dass die Erregung im Nerven beim Ablauf zu positiveren Stellen zunimmt, beim Ablauf zu negativeren abnimmt. (Gesetz des polarisatorischen Increments.)

Digitized by Google

(Aus dem physiologischen Laboratorium in Zürich.)

Notiz über das Telephon.

Von

L. Hermann.

(Aus einem Schreiben an den Herausgeber.)

Die tetanisirende Wirkung des Telephons auf Froschnerven, über welche du Bois-Reymond (Verhandl. d. physiolog. Ges. zu Berlin. No. 4, 8. Dec. 1877) und Goltz (Ihr Arch. XVI. p. 189) Mittheilungen machen, war mir selbst schon lange vor Empfang der letzteren bekannt, und vermuthlich auch vielen anderen Fachgenossen. Ich demonstrirte sie unmittelbar nach Empfang des Apparates, Freitag d. 7. Dec., Herrn Luchsinger, zeigte sie am gleichen Tage in meiner Vorlesung über med. Physik, und am 10. Dec. mehreren Collegen. Eine Publication unterliess ich, weil ja nur eine naheliegende Modification eines bekannten Versuchs vorlag, des sog. „musicalischen Tetanus" (Anstreichen eines Magnetstabes in der Nähe einer Inductionsspirale)[1]. Von den Vocalen fand ich a und o alle andern an Erregungsfähigkeit weit übertreffend, häufig allein erregend.

Die von du Bois-Reymond betonte Bedeutung des Telephons für die Sprachphysiologie war auch für mich das Motiv, das Instrument für die physiologische Sammlung anzuschaffen. Jedoch glaube ich, dass in der sinnreichen Deduction du Bois-Reymond's, nach welcher das Telephon einen neuen Beweis liefert für den Helmholtz'schen Satz, dass die Klangfarbe durch Phasenverschiebung der Theiltöne nicht geändert wird, ein wesentliches Moment nicht berücksichtigt ist. Nach dieser Deduction geschieht die

1) Eine Modification, welche gleichsam als Uebergang zum telephonischen Tetanus instructiv ist, habe ich bei genannter Gelegenheit ausgeführt, nämlich Einführung einer unmagnetischen angestrichenen Stimmgabel zwischen einen festen Magnetpol und die Inductionsspirale; auch so verfällt ein empfindliches Präparat in Tetanus.

Digitized by Google

Bewegung der Membran im zweiten Telephon B entsprechend der ersten Derivirten nach der Zeit von der Bewegung der Membran A; geschieht also letztere nach Sinusfunctionen, so bewegt sich B nach den entsprechenden Cosinusfunctionen, also wird die Phase jedes Theiltons um $^1/_4$ seiner Periode verschoben und so die Phasen vollständig durcheinandergeworfen. Aber nach dieser Theorie müsste bei der telephonischen Reproduction eines Klanges auch das Intensitätsverhältniss der Partialtöne sich ändern; denn wenn für einen Klang

$$P = \text{const.}\,\{a_1 \sin(2\pi nt + b_1) + a_2 \sin(4\pi nt + b_2) + a_3 \sin(6\pi nt + b_3) + \ldots\}$$

so ist

$$\frac{\partial P}{\partial t} = 2\pi n \,.\, \text{const.}\,\{a_1 \cos(2\pi nt + b_1) + 2a_2 \cos(4\pi nt + b_2) + 3a_3 \cos(6\pi nt + b_3) + \ldots\}.$$

Die Partialtöne müssten also um so stärker reproducirt werden, je höher ihre Ordnungszahl. Dies ist aber entschieden nicht der Fall, wie eben das Bestehenbleiben der Klangfarbe lehrt. Da kaum bezweifelt werden kann, dass die Induction in A nach dem Gesetz $\frac{\partial P}{\partial t}$ geschieht, so muss der übersehene Umstand in B liegen.

Sicher kann die Wirkung der Ströme auf die Membran B nicht so betrachtet werden, als ob letztere einfach dem magnetischen Moment entsprechend ihren Ort änderte (dies könnte nur bei Ausschluss jeder Trägheit der Fall sein). Eine vollkommene Analyse des Vorgangs im Telephon B, welche jedenfalls grosse Schwierigkeiten hat, wird ohne Zweifel zeigen, dass hier noch eine Integration sich einschiebt (z. B. könnte die Geschwindigkeit der Membran dem magnetischen Moment proportional sein, eine Annahme, welche aber wieder andre Annahmen einschliessen würde); denn nur so kann sich die Aenderung des Intensitätsverhältnisses wieder ausgleichen; zugleich aber würden natürlich auch die Sinusfunctionen wiederkehren, die telephonische Uebertragung also ohne Phasenverwerfung stattfinden. — Uebrigens scheint es nicht unmöglich für einzelne Töne optisch zu entscheiden, ob Phasenverschiebung stattfindet; jedoch ist letztere schon durch die obige Betrachtung wenn ich nicht irre ausgeschlossen, welche kurz lautet: Fände Phasenverwerfung statt, so müsste auch das Intensitätsverhältniss der Partialtöne und dadurch die Klangfarbe geändert sein.

Digitized by Google

(Aus dem physiologischen Laboratorium von Prof. Ad. C. Ustimowitsch in St. Petersburg.)

Experimenteller Beitrag zum Nachweis des Accommodationsmechanismus der Blutgefässe.

Von

Joh. Pawlow.

In einer Reihe von Abhandlungen aus dem Leipziger Laboratorium von Professor Ludwig[1]) ist seit einigen Jahren eine Anzahl hervorragender Eigenschaften der Blutcirculation sowohl angeregt, als auch experimentell nachgewiesen worden. Dank diesen höchst schätzbaren Untersuchungen ist nun bekannt geworden 1) dass dem Gefässrohr ein Anpassungsvermögen an grössere und geringere Blutquanta zukommt, ohne dass dabei der Blutdruck Schwankungen in seinen Mittelwerthen auf die Dauer erleide; 2) dass dieses Anpassungsvermögen nervösen Ursprungs ist.

Man wird dennoch zugeben müssen, dass hiemit ein Gebiet für weitere Forschung blos eröffnet wird. Wie sehr die Tragweite obenerwähnter Untersuchungen auch anerkennenswerth sei, so wird dennoch ein directer Nachweis der Mechanismen der Anpassung der Gefässe sowohl, als deren näherer Eigenschaften der Zukunft angehören müssen.

Diese Ueberlegungen gaben uns den Anstoss zu einer Reihe von Untersuchungen über den Antheil einiger Nerven bei der Gefässaccommodation. Durch verschiedene inzwischen erschienene Untersuchungen, meistens die Wirkungsweise des vasodilatatorischen Nervensystems betreffend, musste zwar ein Theil unserer eigenen Befunde, dem ursprünglichen Untersuchungsplan gemäss, wegfallen; das betretene Feld erschien jedoch umfangreich genug, um auch unseren Forschungen Platz zu gewähren.

Im folgenden theilen wir blos einen einzelnen Fall aus einer

1) Arbeiten aus d. physiol. Anst. zu Leipzig 1873, 74, 75 (Abhdlngn. v. Tappeiner, W. Müller und Lesser).

Digitized by Google

später erscheinenden Versuchsreihe mit; das Mitgetheilte wird aber durch seine vielversprechende Tragweite, hoffentlich, selbstredend erscheinen.

Nachdem man aus zahllosen Erfahrungen zur Ueberzeugung gelangt ist, dass eine Blutdruckcurve von einem curarisirten Thiere nicht immer mit einer normalen vergleichbar sei, indem Schwankungen aus bekannten und unbekannten Gründen in einer solchen Curve am vergifteten Thiere beinahe ausnahmslos vorhanden sind, erschien es uns geboten, unsere ersten Beobachtungen an unvergifteten bez. unversehrten Thieren vorzunehmen. Ein zu diesem Zweck gewählter Hund liess sich soweit zähmen, dass er während der Operation sowohl, als bei der Blutdruckbestimmung auf dem Operationsbrette eingeschnürt absolut ruhig dalag. Dank diesem Umstande sind Blutdruckcurven erhalten worden, welche ihrer Regelmässigkeit halber als Musterstücke angesehen werden dürfen.

Mit dem Manometer wurde gewöhnlich eine unter der Haut an der Innenfläche des Kniegelenk ganz oberflächlich liegende Arterie verbunden. Dies Bloslegen der Arterie beanspruchte nicht mehr als 2—3 Minuten und ist absolut schmerzlos gewesen. Ein einzelnes Mal wurde der Druck an der Art. cruralis bestimmt. Das Thier wurde gut gefüttert und bekam zu trinken 24 Stunden vor dem Versuch, und 12 Stunden vor der Operation bekam das Thier nochmals zu trinken.

Nachdem der Blutdruck am Thiere unter diesen Verhältnissen bestimmt wurde, wurde dasselbe mit trockenem Brod oder auch mit trockenem Fleisch gefüttert und nun der Blutdruck in verschiedenen Zeiträumen nach der Fütterung bestimmt. Es ergab sich, dass das Maximum des Blutdruckabfalles (die Bestimmung an der Art. cruralis mit inbegriffen) nur 10 mm Hg. erreichte. Es kam vor, dass bei vergleichenden Blutdruckbestimmungen im Zwischenraum von $2^1/_2$ St. nach der Fütterung keine Veränderungen wahrgenommen wurden. Es muss ferner hervorgehoben werden, dass der 20—30 Min. nach der Fütterung unverändert gebliebene Blutdruck erst jetzt zu sinken begann. Diese Ergebnisse schienen nur als weiterer Beweis der bereits von Tappeiner, Worm-Müller und Lesser beobachteten Thatsachen zu dienen, dass auch im Normalzustand des Organismus ein Streben zum Aufrechterhalten des Mitteldrucks offenbar vorhanden sei. Erwähnte Zustände bieten ja zweierlei Bedingungen, welche dem Absinken

Digitized by Google

des Blutdrucks ausserordentlich günstig sein sollten: eine beträchtliche Erweiterung der Eingeweidearterien und der Austritt ansehnlicher Mengen von Verdauungsflüssigkeiten aus der Blutbahn; indess geschieht dieses Absinken nur um einige 10 mm, zuweilen sogar bleibt der Blutdruck unverändert. Es fragt sich nun, was für eine Art von Mechanismen ein derartiges Gleichgewicht bewerstellige? Auf Grund obenerwähnter Beobachtungen von Ludwig's Schülern über die Accommodation des Gefässrohrs schien uns von vorneherein nothwendig, die Frage zu entscheiden, ob genanntes Gleichgewicht des Blutdrucks wirklich nur durch Gefässverengung erklärbar sei? Die Sache könnte doch ganz einfach darauf zurückgeführt werden, dass mit der Gefässerweiterung in den Eingeweiden die Gefässe anderer Körpergebiete, wie z. B. der Haut, Muskeln u. s. f. gleichzeitig verengert würden. Es könnte dabei möglich sein, dass die Nahrung in doppelter Weise reflectorisch erregend wirke, indem sie als Reiz für gefässerweiternde Nerven der Eingeweide und gefässverengernde Nerven anderer Gebiete erschiene. Es ist ja bekannt, dass die Reizung eines sensiblen Hautnerven eine Erweiterung der Hautgefässe und eine gleichzeitige Verengerung der Eingeweidegefässe bewirkt. Die Voraussetzung, es könnte auch Umgekehrtes stattfinden: dass bei Reizung sensibler Baucheingeweidenerven die Bauchgefässe durch Erweiterung, die Hautgefässe dagegen durch Verengerung antworten sollten, war zu beachten.

Am nächsten schien es uns nothwendig, die Frage experimentell zu prüfen: ob in der That durch diese Reizung sensibler Eingeweidenerven eine Zusammenziehung der Hautgefässe hervorgerufen werde?

Als am besten für solche Beobachtungen geeignete Gegend wählten wir das Kaninchenohr; als Reiz wurde die Entblössung der Eingeweide gewählt und dieses Verfahren electrischen und andern Reizmitteln deshalb vorgezogen, weil uns doch am meisten daran gelegen war, den Vorgängen bei der mechanischen Reizung durch die Nahrung so nahe als möglich zu treten. Electrische Reizungen schienen in diesem Sinne am wenigsten gerathen zu sein.

Unsere Erwartungen wurden sehr bald durch das Experiment vollkommen gerechtfertigt. Am curarisirten, künstlich athmenden Kaninchen hat das Herausziehen einer Darmschlinge aus der Bauchhöhle jedesmal eine Verengerung der Kaninchenohrgefässe erzeugt — ein Erfolg, welcher auch nach Zuschluss der Bauchhöhle eine

Digitized by Google

Zeitlang währte. Nun musste jeder Verdacht eines passiven Rückflusses des Blutes vom Ohrgefässe gegen die Bauchhöhle beseitigt werden: denn es könnte eingewendet werden, dass bei activer Hyperämie der Bauchgefässe wegen activer Erweiterung derselben das Kaninchenohr eine passive Anämie erleide. Um diesen Einwänden entgegenzutreten, wurden zwei Versuchsmodificationen getroffen. Einmal wurde der Halssympathicus an einer Seite durchschnitten und die Wirkung der Darmentblössung an beiden Ohren, bez. am unversehrten und am gelähmten Gefässe untereinander verglichen. Ein anderes Mal wurde dieser vergleichenden Beobachtung des Gefässlumens beider Ohren die Messung des Blutdrucks in der Art. carotis hinzugesellt. Durch beide Versuchsreihen wird ganz entschieden bewiesen, dass die Gefässverengerung am Kaninchenohr bei Eröffnung der Leibhöhle durch reflectorische Uebertragung der Reizung erzeugt wird. Denn, indem am Ohr von dessen Seite der Sympathicus durchschnitten war, auch nicht die geringste Veränderung im Gefässlumen wahrzunehmen war, ist am Ohrgefässe der unversehrten Seite ausnahmslos die Lichtung bis zum vollen Verschwinden des Gefässzweiges bei der Darmentblössung beobachtet worden. Die Blutdruckbestimmung ergab die bereits von Ludwig und Cyon nachgewiesene Erscheinung, nämlich nicht nur kein Sinken, sondern ein Aufsteigen des Blutdrucks bei der Leibeseröffnung — ein Zustand, welcher auch 15—60 Sec. nach Zuschluss der Bauchhöhle fortdauerte.

Als Muster lassen wir zwei typische Beispiele aus unserer Versuchsreihe hier folgen.

I. Kaninchen. Curarisirt. Die rechte Art. carotis ist mit dem Quecksilbermanometer in Verbindung gesetzt. Beobachtet werden die Gefässe des linken Ohrs. (Die Lumenveränderungen des mittleren Arterienzweigs werden hauptsächlich in Betracht genommen.)

Zeit	Das Gefässlumen	Blutdruck.	Zeit	Das Gefässlumen	Blutdruck.
1h 7′	mittelweit		15½	sehr erweitert	106
8	enger		16½	enger	95
9	noch enger		17	noch enger	92
10	weiter		18	id.	90
11	id.		19	id.	87
12	enger		20	id.	85
13	noch enger		Leibeshöhle eröffnet, eine Darmschlinge herausgezogen.		
14	id.				
15	id.	88	20½	ganz verschwunden	115

Digitized by Google

Zeit	Das Gefässlumen	Blutdruck.
	Leibhöhle zugemacht	
21	wieder erschienen	89
22	weiter	86
23	id.	unbestimmt.
24	enger	85
	Leibhöhle wiedereröffnet	
24½	beinahe verschwunden	102
	Leib zu.	
25	weiter	85
26	id.	80
27	enger	77
28	id.	76
	Leib eröffnet	
28½	verschwunden	100
	Leib zugemacht	
29½	weiter	87
30	dasselbe	74
	Leib eröffnet	
30½	verschwunden	95
	Leib zu	
31½	weiter	77
34	enger	unbestimmt.
36	weiter	74
	Leib eröffnet	
36½	verschwunden	97
	Leib zu	
37	wieder erschienen	unbestimmt.
	Die künstliche Athmung unterbrochen	
37½	sehr erweitert	unbestimmt.
	Leib eröffnet	
38	verschwunden	unbestimmt.

II. Kaninchen. Curarisirt. Das Manometer mit der rechten Carotide verbunden. Das Mittelgefäss am linken Ohr beobachtet.

Zeit	Gefässlumen	Carotidendruck.
4h 23′	erweitert	77
24	id.	77
25	id.	76
26	id.	74
27	id.	74
	Die Leibhöhle eröffnet, eine Darmschlinge herausgezogen.	
28	Verengt, beinahe verschwunden	95
	Leib zu.	
29	Mittlere Arterie verschwunden	75
30	Einige Gefässzweige kommen zum Vorschein	74
31	id.	70
32	id.	69
33	Das mittlere Gefäss kommt z. Vorschein	67
34	Die Gefässe füllten sich noch mehr aus	64
35	id.	unbestimmt.
36	Verengerung	60
37	Erweiterung	73
38	fortgesetzte Erweiterung	81
39	sehr erweitert	87
40	id.	90
	Leib eröffnet.	
41	geringe Verengerung	97
	Leibhöhle zu.	
42	bedeutendere Verengerung	88
43	die Lichtung des Mittelgefässes beinahe verschwunden	88
44	id.	79
45	id.	76
46	id.	75
47	id.	76
48	id.	79
49	id.	76
50	id.	75
51	id.	75
52	id.	77

Sollte man sich die Mühe geben vorgeführte Zahlen einer detaillirten Abwägung zu unterwerfen, so würde man einige nicht

Digitized by Google

ganz unwichtige Ergebnisse herauslesen können. Es dürfte z. B. ein regelmässiges Absinken der Einwirkung der Reizung der Eingeweide auf die Hubhöhe des Blutdrucks — offenbar eine Ermüdungserscheinung — kaum unbeachtet gelassen sein. Wir wollen uns von einer solchen Analyse beiläufig abhalten, umsomehr, dass die ganze Mittheilung nur, wie schon erwähnt, als ein isolirter Fall aus einer umfangreicheren Untersuchungsreihe anzusehen ist.

Zum Schluss wollen wir nur noch auf eine gelegentliche Beobachtung aufmerksam machen.

Wurde die Leibeshöhle entweder längere Zeit offen gelassen (1') oder sind kürzer dauernde Eröffnungen derselben öfter wiederholt worden, so sah man zum Schluss des Versuches den noch beträchtlichen Blutdruck (bis über 60 mm Hg.) bei unterbrochener Respiration sinken, ohne dass ein Aufsteigen vorangegangen wäre. Auch waren in dergleichen Fällen Ischiadicusreizungen bei sogar bedeutenden Stromstärken entweder unwirksam oder es ist ein Absinken des Blutdrucks anstatt des gewöhnlichen Aufsteigens beobachtet worden. Die Ohrgefässe blieben hingegen unverändert. Die Deutung dieser Erscheinung behalten wir uns für die Veröffentlichung unserer ausführlichen Untersuchungsreihe [1]) vor.

1) Vorgeführte Beobachtungen sind einer Untersuchungsreihe entlehnt, welche bereits im Herbste 1876 in unserem Laboratorium von Herrn Pawlow vorgenommen wurde. Das Zusammentreffen verschiedener Abhandlungen über denselben Gegenstand noch vor dem Abschluss der Untersuchungen des Hrn. Pawlow verursachte eine Verzögerung in deren Veröffentlichung, welche nun nächstens geschehen soll.

Digitized by Google

(Aus dem physiologischen Laboratorium von Prof. Ad. C. Ustimowitsch in St. Petersburg.)

Ueber die reflectorische Hemmung der Speichelabsonderung.

Von

Joh. Pawlow.

Es wurde bereits im Jahre 1856 von Cl. Bernard in seiner Abhandlung über das Pancreas [1]) darauf hingewiesen, dass der wesentliche Unterschied zwischen den Speicheldrüsen und dem Pancreas darin bestehe, dass die Operationseingriffe an ersteren keine merklichen Störungen der Secretion bewirken, während die Bauchspeichelabsonderung durch dieselbe sowohl quantitativ, als auch qualitativ ganz auffallend verändert werde. Seitdem hat Bernard's Angabe durch spätere Untersuchungen nicht allein keine Umänderungen erlitten, sondern es wurde dieselbe immer mehr bekräftigt und genauer festgestellt. Es wurde nämlich nachgewiesen, dass jeder sensible Reiz die Mundspeichelabsonderung verstärke, die Bauchspeichelabsonderung hingegen hemme (die Darmreizung ausgenommen). Der Unterschied schien also in der That höchst wesentlich zu sein. — Indem aber für die Speicheldrüsen nur einfache reflectorische Reizeffecte, nur erregende nachweisbar waren, musste für das Pancreas eine doppeltsinnige reflectorische Wirkungsweise angenommen werden — eine erregende und eine hemmende. Es konnte eine solche Annahme bei gründlicher Ueberlegung zum mindesten als voreilig erscheinen. Cl. Bernard war auf Grund seiner Beobachtungen gar nicht berechtigt seinen obenangeführten Schluss zu ziehen. Es wird ihm wohl ganz entgangen sein, dass die Operationseingriffe bei Mund- und Bauchspeichelsecretionsversuchen untereinander ganz unvergleichbar seien. Während bei ersterer Versuchsanordnung an der Körperoberfläche operirt wird, erfordert die Fisteloperation u. s. w. am Pancreas

1) Cl. Bernard Mémoire sur le pancréas 1856, p. 45.

Digitized by Google

Manipulationen in der Bauchhöhle. Um den Bernard'schen Satz mit vollem Recht ausdrücken zu dürfen, müsste man Beobachtungen besitzen, dass die Operation an der Speicheldrüse für die Pancreasabsonderung unwirksam sei und gleichfalls die Operation am Pancreas für die Mundspeichelabsonderung. Nicht minder voreilig wäre es gewesen, wollte man z. B. aus der Beobachtung, dass bei gewöhnlicher Ischiadicusreizung die Speichelabsonderung eingeleitet bez. gefördert, die Pancreasabsonderung hingegen gehemmt werde, den Schluss ziehen wollen, es müsse sich dasselbe Verhalten unter allen Umständen wiederholen.

Ein derartiges Missverständniss, welches unlängst bei Gelegenheit der Erklärung der Wirkungsweise vasodilatatorischer Nerven vorgekommen ist, sollte als lehrreiche Warnung für die Zukunft dienen.

Denn es könnte nicht ganz unmöglich sein, dass es gewisse Reizstärken oder Reizmethoden gäbe, bei denen die Erscheinungen sich umkehrten und der N. ischiadicus z. B. die Speichelabsonderung hemmen, die Pancreasabsonderung fördern würde. Wir fanden in der That bei unseren Versuchen einen Theil dieser Ueberlegungen bestätigt. Es ergab sich, dass die Speichelabsonderung reflectorisch gehemmt werden kann, nämlich: 1) Durch electrische Ischiadicusreizung gewisser Stärke, 2) durch Eröffnen der Bauchhöhle, 3) durch Herausziehen einer Darmschlinge.

Mögen nachstehende Auszüge aus unseren Versuchsprotocollen zur Erläuterung erwähnter Thatsachen dienen.

I. Versuch. Curaresirter Hund. Vermittelst einer in den Ausführungsgang der rechten Unterkieferdrüse eingesetzten Glascanüle wird der Speichel in einem graduirten Glascylinder aufgefangen (ein Theilstrich je 0.1 Cbcm. entsprechend). Der rechte n. lingualis und der linke n. ischiadicus sind in durch Hartgummi isolirte Platindrahtelectroden eingefasst.

11h 39′	0.0	53′	0.2
41′	0.3	55′	0.4
43′	0.2	Die Reizung wieder begonnen.	
45′	0.3	57′	0.1
Der n. ischiadicus wird durch		59′	0.05
einen in der Zunge ein leichtes Kitzeln		Die Reizung beendigt.	
erregenden Inductionsstrom gereizt.		12h 1′	0.0
47′	0.2	3′	0.2
49′	0.0	5′	0.3
Die Reizung beendigt.		7′	0.2
51′	0.0	9′	0.2

Digitized by Google

Neue Reizung.	
11′	0.1
Ende der Reizung.	
13′	0.0
15′	0.0
Der n. lingualis wird gereizt.	
17′	0.4
Die Ischiadicusreizung zu der des n. lingualis hinzugesellt.	
19′	0.2
21′	0.2
Beide Reizungen beendigt.	
23′	0.1
Lingualisreizung.	
25′	0.2
27′	0.2
Die Reizung aus.	
29′	0.1
31′	0.0
33′	0.0
Lingualisreizung.	
35′	0.4
37′	0.3
Ischiadicusreizung hinzugesellt.	
39′	0.1
41′	0.1
Beide Reize beendigt.	
43′	0.1
45′	0.2

Am auffallendsten ist in diesem Versuch die Erscheinung, dass die Speichelabsonderung auch ohne sensible Reize vor sich geht. Es können nur zwei Erreger der Absonderung vorausgesetzt werden: entweder das Curare oder CO_2. Die speicheltreibende Eigenschaft des Curare wird von uns weiter näher betrachtet.

In einer im vergangenen Frühjahr veröffentlichten Abhandlung theilt Luchsinger[1]) seine Untersuchungen über CO_2-wirkung auf die Speichelabsonderung mit.

Man kann sich in der That jederzeit überzeugen, dass beiderlei Mittel speicheltreibend wirken. Wird die Vergrösserung der Speichelabsonderung gefordert, so braucht man nur entweder Curare einzuspritzen oder die Respiration zu hemmen, oder beides gleichzeitig. — Ausserdem zeigen unsere Versuche, dass die Ischiadicusreizung drei Mal eine Hemmung und ein Mal eine vollständige Störung dieser continuirlichen Speichelabsonderung bewirkte. Der Maximalerfolg ist zwei Mal nach beendigter Reizung beobachtet worden und dauerte ein Mal 4 Minuten nach der Reizung (so lange die Beobachtung dauerte). Die Ischiadicusreizung scheint nicht allein die Curare- oder CO_2-Speichelabsonderung, sondern auch diejenige nach Lingualisreizung zu hemmen. Letzteres erfordert noch nähere Bestätigung, indem bei Lingualisreizungen die Speichelabsonderungswerthe nicht genau festgestellt wurden, wodurch ein Anhaltspunct für fernere Vergleichsreize gegeben

1) Pflüger's Archiv Bd. XIV.

Digitized by Google

wäre. Die Wirkung der Lingualisreizung ist aus folgendem Versuche ersichtlicher.

II. Versuch. Curaresirter Hund. Die Speichelabsonderung an der rechten Seite, der rechte n. lingualis und linke n. ischiadicus wie vorhin in Electroden gefasst.

12^h 53′	0.0
54′	0.2
55′	0.4
56′	0.2
57′	0.2
Electrische Lingualisreizung.	
58′	0.5
Ende der Reizung.	
59′	0.1
1^h	0.1
1′	0.1
2′	0.1
3′	0.0
Ischiadicusreizung durch einen eben erst an der Zunge empfindlichen Strom.	
4′	0.0
Die Lingualisreizung kommt hinzu.	
5′	0.2
Beide Reize beendigt.	
6′	0.1
7′	0.1
8′	0.2
9′	0.1
10′	0.0
Lingualisreizung.	
11′	0.3
Die Reizung vollendet.	
12′	0.0
13′	0.1
14′	0.1
15′	0.0
Die Beobachtung wird unterbrochen.	
2^h 1′	0.0
2′	0.3
3′	0.1
Eine etwas stärkere Ischiadicusreizung.	
4′	0.0
Die Lingualisreizung kommt hinzu (ebenfalls etwas stärker.)	
5′	0.3
Beide Reizungen vollendet.	
6′	0.1
7′	0.1
Lingualisreizung.	
8′	0.5
Ende der Reizung.	
9′	0.1
10′	0.1
11′	0.1
Lingualisreizung.	
12′	0.6
Ende der Reizung.	

Aus vorgeführtem Versuche ist klar, dass der Reflex vom n. lingualis aus durch gleichzeitige Ischiadicusreizung von bestimmter Stromstärke gehemmt werde.

Beide eben mitgetheilte Versuche zeigen blos, dass gewisse Ischiadicusreize die Speichelabsonderung überhaupt hemmen, gleichgiltig wodurch die Absonderung eingeleitet ist. Es ist aber nicht ersichtlich, wie gross der Werth des hemmenden Reizes sei und wie letzterer sich zum erregenden Reize verhalte. Das subjective Maass der Stromstärke durch Empfindung an der Zungenspitze ist zu ungenau. Um genannte Lücken auszufüllen, nahmen wir einen Versuch vor in der Absicht methodisch und genau die Reizwerthe für sich und in ihrem gegenseitigen Verhalten festzustellen.

Digitized by Google

III. Versuch. Curaresirter Hund. Der Speichel wird rechterseits aufgefangen; der linke n. ischiadicus ist mit dem Inductionsapparat verbunden.

2^h 35′	0.0
37′	0.2
39′	0.2
Noch 2.0 Cbcm. einer $^1/_2$% Curarelösung nachgespritzt.	
41′	0.4
43′	0.4
45′	0.2
1. Reizung des n. ischiadicus R. A. 13 Cntmtr. (ein gewöhnlicher Schlittenapparat aus der Werkstatt von Rudolph Krüger in Berlin, mit einem grossen Grenet'schen Element und frischer Lösung).	
46′	1.4
Ende der Reizung.	
48′	1.4
2.0 Cbcm. Curare nachgespritzt.	
50′	0.6
52′	0.4
2. Ischiadicusreiz. R. A. 14 Cntmtr.	
53′	1.5
Ende der Reizung.	
55′	0.5
57′	1.0
59′	0.6
3^h 1′	0.8
3′	0.8
3. Ischiadicusreizung R. A. 16.	
4′	1.0
Ende der Reizung.	
6′	0.6
8′	0.6
4. Ischiadicusreizung R. A. 18.	
9′	0.8
Reizung beendigt.	
11′	0.4
Curare zugespritzt.	
13′	0.5
15′	0.5
17′	0.6
5. Ischiadicusreizung R. A. 18.5.	
19′	0.5
21′	0.4
Ende der Reizung.	
23′	0.7
25′	0.7
27′	0.7
6. Ischiadicusreizung R. A. 18,7.	
29′	0.6
31′	0.4
Ende der Reizung.	
33′	0.7
3 Cbcm. Curare nachgespritzt.	
35′	0.3
7. Ischiadicusreizung R. A. 13.	
36′	0.7
37′	0.2
38′	0.1
Ende der Reizung.	
40′	0.5
42′	0.4
44′	0.2
46′	0.3
48′	0.3

Durch diese Beobachtungen wird festgestellt, dass mit der Abnahme der Reizstärke die speicheltreibende Wirkung ebenfalls abnimmt, und dass weitere Abnahme der Stromstärke anstatt den Speichelfluss zu fördern, denselben hemmt, was besonders klar bei der 6. Ischiadicusreizung in's Auge fällt. Bei anderen Versuchen sah man, dass weiter fortgesetzte Stromabnahmen auf die Absonderung wirkungslos waren. Es sind also, der Wirkung auf die Absonderung nach, drei verschiedene Reizstärken für den n.

Digitized by Google

ischiadicus zu unterscheiden: 1) vorhandene Speichelabsonderung fördernde, 2) dieselbe hemmende und 3) unwirksame Stromstärke. Bei der 7. Ischiadicusreizung von 3′ Dauer ist bemerkenswerth, dass der Anfangsreiz fördernd, zu Ende der Reizung hemmend auf die Speichelabsonderung wirkte. Diese Erscheinung ist uns in anderen Versuchen wiederholt vorgekommen. Der Ermüdung des Absonderungscentrum wird dieses eigenthümliche Verhalten kaum zuzuschreiben sein, indem sofort nach aufgehobener Reizung die Absonderung nicht selten seinen ursprünglichen Werth, welcher der Reizung voranging, erlangt. Es ist im eben erwähnten Falle die nachträgliche Absonderung sogar bedeutender als vor der Reizung: ein Umstand, welcher durch den verstärkten Oeffnungsreiz zu erklären wäre. Es ist weit wahrscheinlicher, dass der Grund dieser Erscheinung in der Ermüdung der gereizten Nervenstrecke liege, wobei der ermüdete Nerv sich zur gegebenen Stromstärke nun als zum schwächeren die Absonderung hemmenden Strom verhält. Zur Feststellung dieser Voraussetzung wäre es nothwendig, die Reizdauer zu verlängern, bis der ursprünglich erregende Strom schliesslich unwirksam geworden wäre und die Absonderung den ursprünglichen Werth erlangte. Leider fehlt uns eine solche Erfahrung. Sollte sich aber unsere Voraussetzung experimentell bestätigen, so wird ein Mittel gewonnen, sämmtliche drei Reizgrössen des Ischiadicus in ihrer Wirkung auf die Speichelabsonderung hintereinander zu demonstriren.

Es braucht kaum erwähnt zu werden, dass hier nur die schlagendsten Versuchsresultate vorgeführt sind, die grössere Anzahl gleichnamiger Versuche als Wiederholung nicht weiter erwähnt wurde.

Nachdem unsere Erwartungen so glänzende experimentelle Bestätigung gewonnen, mit um so grösserer Spannung schritten wir zur Untersuchung der Operationseinwirkung bei der Eröffnung der Bauchhöhle auf den Gang der Speichelabsonderung. Unsere Erwartungen sind auch in diesem Falle bestätigt worden.

IV. Versuch. Curaresirter Hund. Der Speichel von der rechten Submaxillardrüse aufgefangen. Der rechte n. lingualis in Electroden gefasst.

4h 1′	0.0	9′	1.0
3′	1.0	11′	1.0
5′	1.0	Lingualisreizung R. A. 13,5	
7′	1.0	12′	1.0

Digitized by Google

Ende der Reizung		
14′	1.2	
16′	1.0	
18′	1.0	
Dieselbe Lingualisreizung		
19′	1.2	
Ende der Reizung		
21′	0.8	
23′	1.0	
25′	0.8	
27′	0.8	
Der Bauch eröffnet, eine Darmschlinge herausgezogen.		
29′	0.2	Gleichzeitig war der Speichel dickflüssiger, trübe, weisslich gefärbt geworden.
Die Bauchhöhle wird zugenäht.		
31′	0.5	
33′	0.4	
35′	0.2	
37′	0.3	
Gleich starke Lingualisreizung		
38′	0.4	
Ende der Reizung		
40′	0.4	
42′	0.2	
44′	0.4	

Die Eröffnung der Leibeshöhle bewirkt also eine auffallende Aenderung der Quantität und Qualität der ursprünglichen Speichelabsonderung, und ausserdem eine Herabsetzung der Reflexthätigkeit des n. lingualis. Bemerkenswerth ist es ferner, dass die ursprüngliche Speichelabsonderung ca. 20′ (so lange die Beobachtung fortgesetzt wurde) immer gehemmt blieb, obwohl die Leibeshöhle zugenäht worden.

V. Versuch. Curaresirter Hund. Der Speichel von der rechten Seite aufgesammelt.

11h 24′	0.0	
26′	0.0	
28′	0.5	
30′	0.5	
32′	0.6	
34′	0.6	
36′	0.6	
Der Bauch eröffnet, eine Darmschleife emporgezogen.		
38′	0.5	
40′	0.3	
42′	0.3	
44′	0.4	
Die Bauchhöhle zugenäht.		
46′	0.5	
48′	0.5	
50′	0.5	
52′	0.6	
54′	0.5	
56′	0.7	
Die Bauchhöhle wieder eröffnet.		
50′	0.4	
Bauchhöhle zu.		
12h 0′	0.6.	

In diesem Versuch finden wir eine neue Erscheinung, welche im vorigen Versuche nicht beobachtet wurde. Es ist nämlich die ursprüngliche Absonderung zwar durch das Entblössen des Darms gehemmt werden, sie trat jedoch mit derselben Stärke nach Zusperrung der Leibeshöhle wieder ein; dasselbe sahen wir in beiden Fällen bei Oeffnung und Zusperrung der Leibeshöhle jedesmal eintreten.

Digitized by Google

VI. Versuch. Curaresirter Hund. Der Speichel fliesst aus dem rechten Ausführungsgang. Der rechte n. lingualis ist in isolirte Electroden gefasst.

11^h 35′	0.0
37′	1.0
39′	1.0
41′	1.2
43′	1.0
45′	1.0

Aus der eröffneten Bauchhöhle ist eine Darmschlinge herausgezogen.

47′	1.0
49′	0.2
51′	0.3

Der Darm zurückgelegt, worauf die Leibeshöhle zugesperrt wird.

53′	0.3
55′	0.4
57′	0.5

Curare eingespritzt.

59′	0.5
12^h 1′	0.8
3′	0.6
5′	0.6
7′	0.7

Die künstliche Athmung wird beschleunigt.

9′	0.4
11′	0.3
13′	0.4

Der Darm herausgezogen.

14′	0.5
16′	0.0

Der Darm in die Leibeshöhle zurückgelegt, der Leib zugesperrt.

18′	0.1
20′	0.1

Curare zugespritzt.

22′	0.3
24′	0.2
26′	0.2
28′	0.0

1. Lingualisreizung. R.-A. 30 Cmtr.

29′	0.0

Reiz verstärkt. R.-A. 25 Cmtr.

30′	0.2
32′	0.3
34′	0.1

2. Lingualisreizung. R.-A. 23 Ctmr.

35′	0.0

Reiz verstärkt. R.-A. 20.

36′	0.1

Reiz auf R.-A. 18.

37′	0.2

Ende der Reizung.

39′	0.1
41′	0.0
43′	0.0

3. Lingualisreizung. R.-A. 11.

44′	0.4

Ende der Reizung.

46′	0.1
48′	0.0

4. Lingualisreizung derselben Stärke (R.-A. 11).

49′	0.1

Reiz verstärkt bei R.-A. 9.

50′	0.8

Ende der Reizung.

52′	0.1
54′	0.0

Der Darm herausgezogen.

56′	0.1

5. Lingualisreizung. R.-A. 7.

57′	0.5

Ende der Reizung. Darm zurückgelegt; Bauchhöhle zu.

59′	0.1
1^h 0′	0.0
3′	0.0

6. Gleich starke Lingualisreizung.

4′	0.5

Ende der Reizung.
Der Darm wieder entblösst.

6′	0.1
8′	0.1

7. Lingualisreizung. R.-A. 5.

9′	0.9

Digitized by Google

Ende der Reizung. Darm zurückgelegt.

11′ 0.0

13′ 0.0

8. Gleich starke Lingualisreizung.

14′ 1.0

Ende der Reizung.
Der Darm entblösst.

16′ 0.0

9. Gleich starke Lingualisreizung. (R.-A. 5).

17′ 1.0

Es ist hier zwar die Absonderung nach Zusperrung der Leibeshöhle wieder eingetreten, jedoch sehr unvollkommen und erreichte weit nicht ihren ursprünglichen Werth. Sensible Reize bieten ebenfalls einige Modificationen. Durchmustert man die Reizeffecte bei verschiedenen Reizstärken, so ergiebt sich, dass die Absonderungsintensität trotz wachsender Reizstärken allmählig sinkt: denn es ist das Reizintervall zwischen Ende der Reizung N. 4 und Anfang derselben N. 5 grösser als dasjenige zwischen NN. 3—4 gewesen und die Reizstärke bei 5 bedeutender als bei 5; dennoch ist die Absonderung bei 5 anderthalb Mal geringer als bei 4 ausgefallen; dieser Erfolg weist darauf hin, dass durch Leibesöffnungen die Hemmungswirkung fortentwickelt wird und braucht bedeutenderer gegenwirkender Erregung. Dieses Anwachsen der Hemmungswirkung hat jedoch seine Gränze, indem es nicht gelungen ist, auch durch öfter wiederholte Leibesöffnungen die Hemmung so weit zu bringen, dass verstärkte Lingualisreizungen wirkungslos blieben.

VII. Versuch. Curaresirter Hund. Der Speichel rechterseits aufgefangen. Der rechte n. lingualis durch isolirte Electroden armirt.

1h 26′ 0.0

28′ 0.1

30′ 0.1

1. Lingualisreizung. R.-A. 19.

31′ 0.8

Ende der Reizung.

33′ 0.1

Der Leib eröffnet, eine Darmschlinge herausgezogen.

35′ 0.5

37′ 0.4

39′ 0.0

2. Gleich starke Lingualisreizung.

41′ 0.0

Ende der Reizung. Der Bauch zugesperrt.

43′ 0.4

45′ 0.0

47′ 0.0

3. Dieselbe Lingualisreizung.

48′ 0.0

Reiz verstärkt bis R.-A. 16.

49′ 1.0

Ende der Reizung.

51′ 0.0

4. Dieselbe Lingualisreizung.

52′ 0.7

Ende der Reizung.

Die Leibhöhle wird eröffnet; der Hund macht Bewegungen.

53′ 0.3

55′ 0.0

57′ 0.0

Digitized by Google

5. Gleichwerthige Lingualisreizung (R. A. 16).

59′ 0.2

Ende der Reizung.

2h 0.0

6. Dieselbe Lingualisreizung.

1′ 0.0

Der Reiz bis R. A. 14 verstärkt.

2′ 0.9

Ende der Reizung; die Leibeshöhle zugemacht.

4′ 0.0

6′ 0.0

7. Selbige Lingualisreizstärke (R. A. 14).

7′ 0.6

Ende der Reizung.

Eine Darmschlinge herausgezogen; Curare nachgespritzt, weil der Hund sich bewegte.

9′ 0.2

11′ 0.0

8. Gleichwerthige Lingualisreizung.

13′ 0.3

Ende der Reizung und die Leibeshöhle zugedeckt.

14′ 0.3

15′ 0.0

17′ 0.0

9. Dieselbe Lingualisreizung.

19′ 0.4

Ende der Reizung.

21′ 0.0

10. Dieselbe Reizstärke des n. Lingualis.

22′ 0.7

Ende der Reizung.

Der Leib eröffnet.

23′ 0.0

24′ 0.1

Aufheben d. künstlichen Respiration.

26′ 0.8

In diesem Versuche tritt am meisten hervor, dass die Eröffnung der Leibeshöhle in der Mehrzahl der Fälle die Speichelabsonderung hervorzurufen bez. zu fördern schien. Es muss jedoch nicht ausser Acht bleiben, dass der Hund während der ganzen Versuchsdauer nicht völlig curaresirt gewesen und jedesmal beim Herausziehen des Darms allgemeine Bewegungen äusserte. Es könnte sein, dass die Zusammenziehung der Kopfmuskeln den Speichel mechanisch herauspressten. Ausserdem wurde vor dem Darmherausziehen die Zeit nicht genügend abgewartet, bis die Absonderungsgeschwindigkeit sich feststellte. Diese Erklärungsweise ist jedoch nicht vollkommen genügend, besonders wenn man Fälle in Betracht zieht, wie z. B. bei ersterer Leibeseröffnung, wobei im Protocollbuch keine Bewegungen angegeben sind. Was aber die Hemmung des Lingualisspeichels betrifft, so sind die Ergebnisse ziemlich deutlich ausgesprochen, besonders bei der 2. und 8. Reizung. Es wurde nämlich die 2. Reizung 8′ nach der 1. Reizung, welche in 1′ 0.8 Ccm. Speichelabsonderung zur Folge hatte, während gleichstarke (N. 2) Reizung nach vorangegangener Leibeseröffnung keine Speichelabsonderung hervorgerufen hat. Dass der Grund dieser Erscheinung nicht allein auf die Ermüdung

Digitized by Google

zurückführbar sei, dafür sprechen die Reizungen 3 und 4. Bei der 8. Reizung war die Speichelabsonderung 4 Mal geringer als bei der 7. Reizung, welche der Leibeseröffnung voranging. Sollte die Absonderungsverringerung bei wiederholten Reizungen bei 7 ebenso wie bei 3 und 4 für die Nervenermüdung sprechen, so ist offenbar, dass bei 9 und 10 umgekehrt die Reizungen bei gleichdauernden Erholungen der Nerven mit der Reizdauer wachsende Absonderungsgrössen bieten.

VIII. Versuch. Curaresirter Hund. Der Speichel wird aus dem Ausführungsgang rechterseits aufgefangen.

1^h 2′	0.0
4′	0.8
6′	1.3
8′	0.9
10′	1.0
12′	1.0
14′	1.0
16′	1.0
18′	0.7
20′	1.0

Die Leibeshöhle eröffnet; ein Darm emporgezogen.

22′	0.8
24′	1.0
26′	0.9

Der Leib zugedeckt, Curare nachgespritzt.

28′	0.8

Nochmals Curare nachgespritzt.

30′—32′	0.6
34′	0.8
36′	0.8

Aus dem wiedereröffneten Leib eine Darmschlinge herausgezogen.

38′	0.8
40′	1.0

Der Leib zugesperrt.

42′	0.8

Curare nachgespritzt.

44′	0.6
46′—48′	1.0
50′	0.6
52′	0.6
54′	0.6

Leib eröffnet.

56′	1.0
56′	0.6
2^h	0.6

Leib zu. Curare zugespritzt.

2′—4′	0.8
6′	0.7
8′	0.6

Leibeshöhle wiedereröffnet.

10′	0.9
12′	0.8
14′	0.6

Leib zu.

16′	0.8
18′—20′	1.0
22′	0.8

Leib eröffnet. Eine Darmschlinge mit Aether benetzt.

24′	0.4
26′	1.1

Leib zu. Curare eingespritzt.

28′	0.7
30′	0.6
32′	0.6
34′—36′	0.6
38′	0.8

Eine frische aus dem Bauch herausgezogene Darmschlinge mit Aether benetzt.

40′	0.7
42′	0.6

Leib zu.

44′	0.9

Digitized by Google

Die höchst unvollständige Curarenarcose des Thieres macht die Werthe dieser Beobachtung höchst unsicher. Man sieht z. B. nach Eröffnung der Leibeshöhle in einigen Fällen sogar Zunahme der Speichelabsonderung, was möglicherweise auch hier auf mechanische Gründe zurückzuführen ist. Immerhin beweist dieser Versuch, dass die Leibesöffnung keine Hemmungswirkung äussert. Nur ist die Darmreizung durch Aether für die Speichelabsonderung hemmend gewesen, jedoch war auch diese Wirkung höchst flüchtig. Bei Wiederholung desselben Versuchs sind die Ergebnisse noch dunkler ausgefallen als in vorgeführtem Versuche.

IX. Versuch. Curaresirter Hund. Der Speichel von der rechten Drüse aufgefangen. Derselbe Hund wurde schon bei einem anderen Versuche benutzt. Während der ganzen Versuchsreihe wurde mit kurzen Intervallen Curare nachgespritzt.

3 h 39′—41′	0.4 C.—Cm.	Leibeshöhle zu.	
43′	0.3	51′	0.8
45′	0.3	53′	0.6
47′	0.3	55′	0.6
Die Leibeshöhle eröffnet.		57′	0.8
49′	0.8	59′	0.6

Hier ist die Absonderung nach einmaliger Leiberöffnung beschleunigt worden und verblieb auf ungefähr derselben Grösse auch beim Zuschluss des Leibes.

Diesem Versuch fehlt es ebenfalls an Reinheit, besonders wegen des unvollständigen Curaresirens und weil der Leib nur einmal auf nur 2′ eröffnet wurde. Wir hielten uns jedoch verpflichtet einen Versuch, der unseren Erwartungen nicht entspricht, nicht zu unterdrücken, damit das ganze Beobachtungsmaterial der späteren Kritik zu Gebote stehen könne.

Die Ergebnisse vorgeführter Versuche liessen sich in folgende Sätze fassen: die Eröffnung der Leibeshöhle und das Herausziehen einer Darmschlinge bewirkt in der Mehrzahl der reinen Versuche eine Verminderung bez. Stockung der constanten Speichelabsonderung (durch Curare oder CO_2-Einwirkung eingeleitet) und eine Herabsetzung oder vollständige Hemmung der reflectorischen Lingualiswirkung auf den Speichel. Diese Erfolge werden entweder durch Zuschluss der Leibeshöhle aufgehoben, oder sie dauern auch nach derselben fort mit der nämlichen oder verringerten Intensität.

Eine andere weniger vorwurfsfreie Versuchsreihe ergab ent-

Digitized by Google

weder eine Vergrösserung der Absonderung, oder es war die Wirkung Null. Was die qualitativen Aenderungen des Speichels anlangt, so wurden dieselben nur im 1. Versuche in gehörigem Maasse wahrgenommen.

Es fragt sich nun: wodurch wird diese Hemmungswirkung verursacht? Es sind hier verschiedene Möglichkeiten vorhanden. Man könnte annehmen, dass die bei Leibeseröffnung unvermeidliche Abkühlung des Blutes die Erregbarkeit des ganzen und insbesondere des secretorischen Nervensystems herabsetze. Es könnten auch Aenderungen im Blutkreislauf die secretorische Thätigkeit beeinflussen. Es könnte, schliesslich, eine reflectorische Hemmung der Speichelsecretion durch die Reizung der Baucheingeweide vorausgesetzt werden.

Diese Vermuthungen wurden nach einander einer experimentellen Kritik unterworfen. Die Möglichkeit einer Abkühlungswirkung wurde sehr bald ausgeschlossen, indem es sich ergab, dass kein bemerkenswerthes Sinken der Temperatur nachzuweisen war. Nur in seltenen Fällen ergab sich ein Sinken von 0.02°—0.08° C. (in ano), welches auf Rechnung der entblössten Baucheingeweide gesetzt werden konnte. Dieser Temperaturabfall trat indess erst nach Wiederherstellung der Absonderung ein. Hierhergehörige Daten sind weiter mitgetheilt.

Was Blutkreislaufstörungen betrifft, so könnten dieselben entweder im bedeutenden Blutdruckabsinken bestehen, wegen des Rückflusses des Blutes in die Eingeweidegefässe oder hier könnte eine reflectorische Gefässverengerung in der Drüse selbst statt finden. Obschon man durch frühere Erfahrungen als festgestellt annehmen sollte, dass der Kreislaufszustand für den Fortgang der Speichelabsonderung unwesentlich sei, fanden wir uns dennoch genöthigt, unseren speciellen Fall experimentell zu prüfen. Zu diesem Ende wurde der Einfluss der Leibeseröffnung auf den Blutdruck direct beobachtet.

X. Versuch. Curaresirter Hund. Die rechte art. carotis mit einem Quecksilbermanometer in Verbindung gesetzt. Ein ins Rectum (50 Gradtheile von Geisler in Bonn) eingeführtes Thermometer diente zur Temperaturablesung.

Zeit	Blutdruck Mm Hg	Innentemp.	Zeit	Blutdruck Mm Hg	Innentemp.
12h 33′	84	36°.58		Leib zu.	
35′	85	36°.58	42′	109	36°.54
38′	89	36°.58	44′	108	36°.45
Aus dem eröffneten Leib eine Darmschlinge emporgezogen.			46′	103	36°.40
			48′	95	36°.40
40′	98	36°.54	50′	91	36°.38

Digitized by Google

Zeit	Blutdruck Mm Hg	Innentemp.	Zeit	Blutdruck Mm Hg	Innentemp.
Leib wiedereröffnet, eine Darmschlinge emporgezogen.			8′	75	36°.00
			10′	76	35°.98
52′	95	36°.33	Leib eröffnet.		
54′	97	36°.30	12′	93	35°.94
Leibhöhle zugeschlossen.			14′	87	35°.88
56′	88	36°.28	16′	81	35°.85
58′	89	36°.25	Leib zu.		
1h	83	36°.16	18′	68	35°.82
4′	83	36°.10	20′	67	35°.80
Curare zugespritzt.			22′	68	35°.78
6′	44	36°.06	24′	71	36°.70

Vorgeführte Zahlen beweisen, dass die Leibeseröffnung nicht nur kein Sinken des Blutdrucks, sondern vielmehr ein Steigen desselben zur Folge hat. Und, obwohl dieses Ansteigen noch während der Dauer der Entblössung der Eingeweide sich allmählig auszugleichen pflegt, so bleibt dennoch der Blutdruck bis zum Leibesverschluss höher, als er vor der Leibeseröffnung gewesen.

Am Hunde besitzen wir diesen einzelnen Versuch. An Kaninchen aber ist erwähnte Erscheinung bei Gelegenheit anderwärtiger Versuche stets beobachtet worden. Es wird ausserdem etwas weiter ein Versuch mitgetheilt werden, woselbst eine beträchtliche Speichelabsonderung bei ungemein niedrigem Blutdruck stattfand.

Die Möglichkeit der Gefässverengerung in der Drüse wurde durch folgenden Versuch ausgeschlossen.

XI. Versuch. Curaresirter Hund. Der Speichel wird aus beiden Drüsen aufgefangen.

Beobachtungszeit.	Rechte Drüse.	Linke Drüse.	Innere Temperatur.
11h 2′—4′	0.9	1.0	38°.84
6′	0.9	1.0	38°.84
8′	1.0	1.1	38°.84
10′	1.4	1.5	38°.80
12′	1.2	1.3	38°.80
14′	0.9	1.0	38°.80
16′	1.6	1.8	38°.76
Der linke vagossympathicus am Halse durchschnitten.			
18′	2.2	2.3	38°.74
20′	1.5	1.6	38°.72
3 Ccm. Curare nachgespritzt.			
22′—24′	1.1	1.1	38°.62
26′	1.0	1.0	38°.60

Digitized by Google

Beobachtungszeit.	Rechte Drüse.	Linke Drüse.	Innere Temperatur.
28′	0.9	1.1	38°.58
	Die Leibeshöhle eröffnet.		
30′	0.6	0.6	38°.56
32′	0.4	0.4	38°.56
	Leibeshöhle zugeschlossen.		
34′	2.2	2.2	38°.48
36′—38′	0.9	1.0	38°.20

Der Sinn dieses Versuches ist offenbar. Es ist für die Hemmung der Speichelabsonderung durchaus gleichgiltig, ob gefässzusammenziehende Nerven der Drüse wirksam oder gelähmt sind, weshalb die Hemmung nicht durch deren Vermittelung zu Stande kommen muss. Die seltsame Klarheit des vorgeführten Versuches schien uns zu gestatten sowohl dessen Wiederholung, als Variationen wie z. B. Ausrottung des oberen Halsganglions auszusetzen. Als Seitenstück zu diesem wurde mehrmals der ältere Ludwig'sche Versuch angestellt; jedoch ergab eine 4—5′ dauernde Carotiszusperrung keine merkliche Abnahme der Speichelsecretion.

Es bleibt also per exclusionem die einzige Annahme möglich, nämlich, dass die Leibesöffnung durch reflectorische Einwirkung auf den secretorischen Apparat der Submaxillardrüse die Speichelabsonderung hemme.

Wir haben leider dieselben Versuche nicht mit Ichiadicusreizung angestellt, obschon oben mitgetheilte Auseinandersetzung auch für diesen Nerven die Wirkung auf den Hemmungsapparat secretorischer Nerven mehr als wahrscheinlich macht.

Nun stehen wir vor der Frage: wie ist die Hemmungswirkung auf den secretorischen Nervenapparat der Speicheldrüse zu deuten?[1]) Hier sind verschiedenerlei Deutungsweisen möglich. Es könnte ein besonderer Hemmungsapparat am secretorischen Nervensystem vorausgesetzt werden, welcher vermittelst centripetaler und centrifugaler Bahnen mit dem secretorischen Centrum verbunden sei. Auch wäre die Annahme von Centripetalhemmungsbahnen, welche das einzelne Secretionscentrum lähme, nicht ganz unwahrscheinlich. In Ermangelung einer eingehenderen experimentellen Kritik müssen wir uns mit folgenden, auf bekannte frühere Angaben basirten

1) Als Ergänzung zu dieser Versuchsreihe erscheinen nächstens Dr. M. Afanassiew's Untersuchungen an temporären Fisteln über denselben Gegenstand. C. Ustimowitsch.

Digitized by Google

Ueberlegungen begnügen. Am nächsten steht hier begreiflicherweise die Analogie dieser Erscheinung mit der Hemmung der Nervencentren durch gleichzeitig aus zwei Orten von der Peripherie stammenden Reize. Es ist aber bekannt, dass nur bei gewissen Reizstärken eine Subtraction beider Reize, wogegen bei anderen Reizstärken eine Verstärkung der Erregung durch Summation der Reize zu Stande kommt. Beiderlei Fälle kommen auch in unseren Versuchen vor. Obenangeführte Beobachtungen zeigten uns doch, dass bei Reizung des Speichelcentrums durch CO_2 und Curare die Speichelabsonderung durch hinzutretende Ischiadicusreizung nicht jedesmal verringert werde; stärkere Reizungen dieses Nerven haben durch Summirung Verstärkung der Absonderung erzeugt. Speciell angestellte Versuche mit gleichzeitiger Lingualis- und Ischiadicusreizung hatten den nämlichen Erfolg. Hier wurde ebenfalls Subtraction bei schwachen und Summation bei stärkeren Ischiadicusreizungen beobachtet. Einen Hinweis auf ähnliches Verhalten könnte man schon aus den Versuchen mit Leibesöffnung ersehen (Vers. VII, VIII, IX). Man könnte die Sache auch so fassen, dass durch Eröffnung der Bauchhöhle die Nerven abgekühlt werden, was an einigen Thieren als Reizmittel für die Förderung der Speichelabsonderung wirkt. Später nehmen die Temperaturschwankungen ab (die Temperatur gleicht sich in den Geweben aus), wodurch die Reizung schwächer wird und nun tritt noch während der Dauer der Entblössung der Baucheingeweide eine Hemmung der Absonderung ein (Vers. VI). Bei Thieren mit weniger erregbaren Nerven bewirkte die Abkühlung schon von vorneherein einen schwachen Reiz, welcher also begreiflicherweise eine Hemmung erzeugte. Es wurde leider während der Versuche die Aufmerksamkeit besonders auf Hemmungseinwirkungen gelenkt, weshalb entgegengesetzte Ergebnisse wenig in Betracht kamen, und dadurch die Anzahl solcher Beobachtungen sehr beschränkt ist. Für unsere Deutungsweise des Zustandekommens der Hemmung der Speichelabsonderung scheint deren Einfachheit zu sprechen, obschon dies alles erst experimentell bewiesen sein müsste.

Kehren wir nun zu den im Beginn dieser Mittheilung gemachten Ueberlegungen zurück. Die Ergebnisse unserer Untersuchungen über die reflectorische Hemmung an der Speicheldrüse scheinen die vorausgesetzte Analogie zwischen Pancreas und Submaxillardrüse zu unterstützen. Die Eröffnung der Bauchhöhle gewährt

Digitized by Google

eine entschiedene Aehnlichkeit in ihrer Wirkungsweise bei beiderlei Absonderungsprocessen. In der That: wenn an der Speicheldrüse eine oft ansehnliche Absonderung durch Leibeseröffnung völlig sistirt wird, ein Erfolg, welcher auch den Zuschluss des Leibes überdauert, so sind auch andererseits Fälle bekannt, in denen die Baucheröffnung von keinem merklichen Einfluss auf die Pancreassecretion gewesen (zwei von Bernard erwähnte Hunde). Es fehlen uns zwar Beobachtungen, bei denen die reflectorische Lingualiswirkung vollkommen ausgeblieben wäre, wogegen am Pancreas nicht selten geschieht, dass die Operation am gefütterten Thiere die Secretion vollkommen hemmt. Hier könnte der Unterschied durch Nebenumstände bedingt sein. Es ist erstens die Lingualisreizung nur bei bedeutenderen Reizstärken wirksam, denen gegenüber die Reizung der Nervenendigungen in der Darmschleimhaut (durch die Nahrung) unvergleichbar gering ist. Zweitens überstieg bei Versuchen an der Speicheldrüse die Baucheröffnung nie 6′, während die pancreatische Fisteloperation mindestens 15—30′ beansprucht und die Drüse selbst mechanisch misshandelt wird. Um den Parallelismus beider Absonderungsorgane weiter zu verfolgen, müsste Folgendes geprüft werden. Indem bereits bekannt ist, dass die Hemmungswirkung am Pancreas sich bis in die Drüse selbst verbreitet, d. h. dass bei Reizung centrifugaler Nervenbahnen eine herabgesetzte Erregbarkeit derselben wahrgenommen wird, wäre der Nachweis wünschenswerth, ob an der Speicheldrüse ebenfalls die Erregbarkeit der Chorda tympani sinke?

Am bedeutendsten erweist sich der Unterschied zwischen beiden Drüsen bei äusserlichen sensiblen Reizen.

Indem die Speichelabsonderung nur durch verhältnissmässig starke Reize gehemmt werden kann, genügen für die Hemmung der Pancrasabsonderung auch solche Reize, welche Speichelabsonderung hervorrufen. Hier muss jedoch hervorgehoben werden, erstens dass die Wirkungsweise der sensiblen Reize am Pancreas weit noch nicht in dem Maasse ergründet ist, wie dieses für die Speicheldrüsen der Fall ist. Zweitens darf nicht vergessen werden, dass Reizungen einzelner Nervencentren nur für beschränkte Bezirke wirksam sind, wie dieses aus Goltz's[1]) Untersuchungen

1) Dieses Archiv Bd. VIII.

Digitized by Google

über das Erectionscentrum im Rückenmark uns am schlagendsten einleuchtet[1]).

Was Wunder nach alledem, wenn sich zwei Organe, von denen eins an der Körperoberfläche, das andere in einer Körperhöhle gelegen, ungleich verhalten sollten?

Ob jedoch in der That die Hemmungsmechanismen der Speicheldrüsen mit denjenigen des Pancreas sich gleich verhalten und nur durch locale Verhältnisse modificirt erscheinen, bleibt bis dahin eine unentschiedene Frage, welche experimentelle Beweise erfordert.

Eins bleibt fest, dass die Submaxillardrüse sowohl, als das Pancreas dem Einflusse zweierlei reflectorischer Wirkungen unterworfen sind: einer beschleunigenden und einer hemmenden.

Es seien nun zum Schluss einige Bemerkungen über die secretorische Wirkung des Curare gestattet, sofern sich selbige an der Speichelabsonderung nachweisen lässt. Unsere Versuche mit wiederholten Curareeinspritzungen lassen keinen Zweifel übrig, dass das Curare speicheltreibend wirkt. In der Regel ist die Curarewirkung sofort nach der Einspritzung am deutlichsten; sie dauert 2′ — 6′, worauf die Speichelabsonderung meistens auf ihren ursprünglichen Werth herabsinkt, um mit dieser constanten Geschwindigkeit eine Zeitlang fortzulaufen. In Ausnahmefällen sah man die Speichelabsonderung nach der Curareeinspritzung verringert, ja sogar völlig gehemmt. Indem in dergleichen Fällen, dem Puls nach zu urtheilen, der Blutdruck sehr gering zu sein schien, so hielten wir es dennoch für räthlich, auch diesen Gegenstand experimentell zu prüfen. Als erster Grund des Absinkens des Blutdrucks liess sich die Curarewirkung annehmen.

Um diesen Fragen Genüge zu leisten, stellten wir eine Untersuchung an in der Absicht, während der Speichelabsonderung am curaresirten Thiere gleichzeitig den Blutdruck zu messen. Wir theilen hier diese Versuchsergebnisse mit, deren Tragweite dem Leser hoffentlich nicht entgehen wird.

XII. Versuch. Curaresirter Hund[2]). Der Speichel wird aus dem Ausführungsgang der rechten Unterkieferdrüse aufgefangen. Die linke art. ca-

1) Hitzig's u. A. Untersuchungen sind dieser Anschauungsweise nicht minder günstig, als Goltz's Beobachtungen. C. Ustimowitsch.

2) Das Curare war von Bruckner, Lampe & Co. in Leipzig bezogen.

Digitized by Google

rotis mit einem Quecksilbermanometer verbunden; als Registrirapparat eine kymographische Trommel (von Baltzar & Schmidt in Leipzig).

Zeit	Abgesonderte Speichelmengen Ccm	Blutdruck Mm Hg
11h 21'-23'	1.3	138
25'	1.6	147
27'	1.6	147
6 Ccm einer 1/2 % Curarelösung in die Jugularvene eingespritzt.		
11h 29'	1.5	139
noch 2 1/2 Ccm Curare nachgespritzt.		
31'	0.7	111
33'	0.3	78
35'	0.4	75
37'	0.6	89
39'	unbekannt	90
41'	0.5	85
43'	0.5	105
45'	0.6	104
47'	0.9	116
49'	0.8	109
51'	1.1	111
53'	1.6	116
4 Ccm nachgespritzt.		
55'	1.1	103
57'	0.5	nicht aufgezeichn.
59'	0.5	102
12h 1'	unsich. abgeles.	102
3'	0.5	104
5'	0.7	106
4 Ccm Curare nachgespritzt.		
7'	0.8	96
9'	0.0	86
11'	0.2	92
13'	0.3	100
15'	0.4	99
17'	0.6	106
19'	0.6	104
Um den Blutdruck zu erhöhen wird ein Druck auf den Leib ausgeübt.		
21'	0.4	109
23'	0.9	110
25'	0.9	111
12h 27'	1.0	116

Digitized by Google

Zeit	Speichelmenge	Blutdruck	
4 Ccm Curare zugespritzt.			
29′	0.9	114	
31′	0.4	100	
33′	0.2	95	
35′	0.3	100	
37′	0.4	109	
39′	0.5	109	
40′	0.4	115	
8 Ccm Curare allmählig eingespritzt.			
41′	0.2	61	
43′	0.2	52	
45′	0.2		Nachdem der Blutdruck bis 108 Mm Hg gestiegen, wurde wegen Blutgerinnung in der Arteriencanüle der Versuch abgebrochen.
49′	1.0		
56′	2.3		
59′	1.1		

Der hier in Zahlen so auffallende Parallelismus der Absonderungsmenge mit den Blutdruckhöhen war um so auffallender an der kymographischen Curve. Die Erscheinung erschien sehr lockend. Man war beinahe geneigt, schon nach dieser Beobachtung auf einen Causalnexus zwischen Blutdruck und Speichelabsonderung zu schliessen.

Nun sollte jedoch unsere Erwartung bald, und zwar am nämlichen Hund, eine Enttäuschung erfahren.

Indem der Hund noch sehr kräftig pulsirte und man auf einen bedeutenden Blutdruck schliessen musste, wurde versucht den Blutdruck durch Rückenmarkdurchschneidung herabzusenken.

Nach Durchspülung der Arteriencanüle wird das lig. nuchae blospräparirt.

Zeit	Speichelmenge	Blutdruck
1h 30′	0.0	—
32′	0.7	—
34′	1.0	—
36′	0.9	—
38′	0.9	167
40′	0.8	168
42′	0.9	169

Das Halsmark einige Mm. unterhalb des Calamus scriptorius mit einem dünnen Spatel zerstört. Die Autopsie ergab, dass nur ein unbedeutender Theil des rechten Seitenstranges unversehrt geblieben.

Digitized by Google

Zeit	Speichelmenge	Blutdruck
50′—52′	1.4	nicht gemessen.
54′	1.4	—
58′	2.3	—
2h	1.1	31
2′	1.2	31
6′	1.0	31
Leibdruck.		
8′	0.8	33
10′	0.9	30

Nun blieb kein Zweifel mehr übrig, dass die Ergebnisse der ersten Versuchshälfte ihren Ursprung der hemmenden Wirkung des Curare auf die Speichelsecretion verdanken.

Nach oben mitgetheilten Beobachtungen wird die Annahme kaum gewagt erscheinen, es besitze das Curare eine zweifache Wirkungsweise auf die Speichelabsonderung, je nach dessen Gaben. Einmal, bei geringeren Gaben (1 — 2 Cbcm. einer $^1/_2$ % filtrirten wässerigen Lösung) wird die Speichelabsonderung durch das Curare gefördert, ein anderes Mal, bei grösseren Gaben (4 — 8 Ccm.) wird durch selbiges der Speichelfluss gehemmt. Es sind vielleicht durch diesen Umstand die zuweilen entgegengesetzten Angaben verschiedener Forscher über die Curarewirkung erklärbar.

Während meiner Versuche hat mir Herr Pestitsch auf das liebenswürdigste assistirt, wofür ich ihm hier öffentlich meinen besten Dank ausspreche.

Digitized by Google

(Aus dem agricultur-chemischen Laboratorium der Universität Königsberg i. Pr.)

Ueber den Stickstoffgehalt der Pflanzen-Eiweisskörper nach den Methoden von Dumas und Will-Varrentrapp.

Von **Hans Settegast**; mitgetheilt von

H. Ritthausen.

Bei meinen Untersuchungen über die Zusammensetzung der Pflanzen-Eiweisskörper wandte ich zur Bestimmung des N ausschliesslich die allbekannte Will-Varrentrapp'sche Natron-Kalkverbrennung an; ich war der Meinung, dass diese Methode tadellos sei und stets genaue Resultate liefere, hielt auch an dieser, von fast allen Chemikern getheilten Ansicht fest, trotzdem ich oft genug sehr beträchtliche Schwankungen im Gehalt an N bei ein und demselben Präparat beobachtete, so dass häufig eine grössere Anzahl von Einzelbestimmungen erforderlich war, um mehrere nahe übereinstimmende Zahlen zu erhalten.

Diesen Standpunkt bei Beurtheilung der Ergebnisse in Bezug auf die gefundenen Gehalte an N, wie auch auf das Gesammtresultat habe ich in der Abhandlung: „über Bestimmung des Stickstoffs der Eiweisskörper mittelst Natronkalk“ [1]) näher dargelegt und daselbst zugleich noch verschiedene Mittheilungen über die Art und Weise der Ausführung und Anwendung dieser N-Bestimmungsmethode gemacht.

Im Begriff, die seit 1873 in Folge meiner Uebersiedlung nach Königsberg unterbrochenen Arbeiten über die Eiweisskörper der Pflanzensamen wieder aufzunehmen, erachtete ich es Angesichts der sich mehrenden Bedenken gegen die Genauigkeit der Methode für unbedingt nothwendig, durch eigne Untersuchungen mir ein Urtheil darüber zu verschaffen, ob die Dumas'sche N-Bestimmung andre Resultate ergiebt, als die Natronkalkverbrennung, um in

1) Journ. f. prakt. Chemie, Neue Folge Bd. 8, 10—21.

Digitized by Google

der Wahl der Methode keinen Fehlgriff zu thun. Da ich alle die früher dargestellten und analysirten Präparate noch in genügender Menge besitze, so wurden zunächst von einer grösseren Anzahl derselben Bestimmungen nach Dumas ausgeführt, so dass die Resultate mit den älteren nach Will-Varrenttrapp erhaltenen direct verglichen werden können. Herr Hans Settegast unterzog sich der Mühe dieser Arbeit, die von ihm mit der nöthigen Umsicht und Sorgfalt durchgeführt worden ist.

Wir wendeten zum Auffangen des Stickstoffs den von Zulkowsky (Ann. d. Chemie Bd. 182, p. 296—303) beschriebenen Apparat an, nachdem wir uns von der grossen Brauchbarkeit desselben und Bequemlichkeit bei der Anwendung überzeugt hatten. Als Verbrennungsröhre nahmen wir eine an beiden Enden offene Röhre, welche am hinteren Ende mit Natriumbicarbonat und im Uebrigen in bekannter gewöhnlicher Art beschickt wurde; nach vollendeter Füllung einschliesslich der Mischung von feinem CuO und fein gepulverter Substanz wurde aus einem Kipp'schen Apparat 1 Stunde lang CO_2 durchgeleitet, hiernach die Verbrennung unter Abschluss der Verbindung mit dem CO_2-Entwickler durch einen Quetschhahn wie gewöhnlich durchgeführt. Von unserm Vorhaben, die Verbrennung in dem vom Kipp'schen Apparat aus Marmor und reiner Salzsäure entwickelten, eine Waschflasche mit etwas Schwefelsäure und ein mit Marmorstückchen gefülltes Rohr passirenden CO_2-Strome unter Ausschluss von Natriumbicarbonat oder andern geeigneten Carbonaten zu bewirken, mussten wir nach verschiedenen Versuchen abstehen, da es nicht gelingen wollte, ein hinreichend reines Gas zu erhalten, das nur einen sehr geringen, zu vernachlässigenden Gasrückstand in der Absorptionsröhre liess; selbst wenn der Kipp'sche Apparat Stunden lang CO_2 entwickelt hatte, so dass die Entfernung jeder Spur von Luft angenommen werden konnte, blieb bei mehr als $^1/_2$stündigem Einleiten in Kalilauge ein mehrere Cub.-Cent. betragender Gasrest. Aber auch bei Anwendung von Bicarbonat allein und Verbrennung im zugeschmolzenen Rohr erhielten wir Gasrückstände bis zu 2 ccm und mehr. Erst nachdem beide Methoden combinirt worden waren, gelang es, die Menge des nicht absorbirbaren Gases auf ca. $^1/_2$ bis höchstens 1 ccm zu reduciren, die wir bei der Berechnung vernachlässigen zu dürfen glaubten. Wollte man diesen Gastiberschuss von ca. $^1/_2$ ccm indessen berücksichtigen, so würden die N-Procent-

Digitized by Google

zahlen je nach der angewandten Substanzmenge um 0,15—0,25 pc. zu reduciren sein.

Alle Berechnungen beziehen sich auf bei 130° getrocknete Substanz.

Verbrannt wurden:

a) Conglutin aus gelben Lupinen, süssen und bittern Mandeln.
b) Legumin aus Saubohnen, Pferdebohnen, gelben und grünen Erbsen, Kichererbsen.
c) Legumin aus Hafer.
d) Gluten-Casein aus Weizenkleber.
e) Gliadin.
f) Maisfibrin.

Die Resultate sind folgende:

I. Conglutin.

a. Aus gelben Lupinen (Lupin. luteus).

1) 0,2037 Grm. gab. 35,0 ccm Stickstoff bei 20,7° C. u. 753 mm Bar.; corrig. = 31,4 ccm oder 0,03943 Grm. Stickstoff.
2) 0,2269 Grm. gab. 38,0 ccm N bei 19,4° C. u. 753 mm B.
corrig = 34,47 oder 0,04329 N.
3) 0,2525 „ gab. 42,00 ccm N bei 20,6° C. u. 762 mm B.
corr. = 38,23 ccm oder 0,04801 Grm. N.

b. Aus süssen Mandeln.

0,3350 Grm. gab. 54,1 ccm N bei 18,8° C. u. 762,2 mm B.
corr. 49,7 ccm oder 0,06242 Grm. N.

c. Aus bitteren Mandeln.

1) 0,1994 Grm. gab. 34,00 ccm. N bei 20,1° C. u. 760,9 mm B.
corr. = 30,97 ccm oder 0,03881 Grm. N.
2) 0,2632 Grm. gab. 45,2 ccm. N bei 21,2° C. u. 759,4 mm B.
corr. = 40,88 ccm oder 0,05134 Grm. N.
3) 0,3604 Grm. gab. 59,8 ccm N bei 20,2° C. u. 761,5 mm B.
corr. = 54,5 ccm oder 0,06845 Grm. N.

Berechnung des N in Proc.

	a.			b.	c.		
	1.	2.	3.		1.	2.	3.
N =	19,36.	19,08.	19,01.		18,68.	19,46.	19,50.	18,96.

Für aschefreie Substanz.

	(1,45 pc.				2,66 pc.	1,23 pc. Asche).	
N =	19,64.	19,36.	19,29.		19,13. pc.	19,70.	19,74.	19,20.
	Mittel 19,43.					19,44 pc.	

Die früher nach Will-Varrentrapp erhaltenen Resultate sind:[1])

a.	b.	c.
18,40 pc.	18,37 pc.	17,97 pc.

1) Ritthausen, die Eiweisskörper etc. p. 188—200; Journ. f. prakt. Chem. Bd. 103, 78—85.

Digitized by Google

II. Legumin.

a. Aus Saubohnen (Vicia Faba).

1) 0,3121 Grm. gaben 48,0 ccm N bei 19,5° C. u. 763,3 mm B.
corr. 44,06 ccm = 0,05533 Grm. N.

2) 0,2338 Grm. gaben 36,0 ccm N bei 19,1° C. u. 762,8 mm B.
corr. 33,04 ccm = 0,04149 N.

Nach Will-Varrentrapp:

3) 0,2682 Grm. gab. 0,3256 Pt. = 0,04634 N.

b. Aus Pferdebohnen (Vicia Faba minor).

1) 0,2219 Grm. gab. 34,7 ccm N bei 21,2° C. u. 761 mm B.
corr. 31,45 ccm = 0,0395 Grm. N.

2) 0,2459 Grm. gab. 38,4 ccm N bei 21,4° C. u. 761 mm B.
corr. 34,77 ccm = 0,04367 Grm. N.

c. Aus gelben Erbsen.

1) 0,2001 Grm. gab. 32,0 ccm N bei 22,2° C. u. 759 mm B.
corr. 28,9 ccm = 0,03629 Grm. N.

2) 0,1978 Grm. gab. 31,3 ccm N bei 22,1° C. u. 758,8 mm B
corr. 28,16 ccm = 0,03536 Grm. N.

d. Aus grünen Erbsen.

0,2490 Grm. gab. 38,8 ccm N bei 22,1° C. u. 758, 4 mm B.
corr. 34,9 ccm = 0,04383 Grm. N.

e. Aus Kichererbsen (Lathyrus sativus aus dem südl. Russland).

1) 0,3226 Grm. gab. 49,00 ccm N bei 19,8° C. u. 755,7 mm B.
corr. 44,33 ccm = 0,05567 Grm. N.

2) 0,3542 Grm. gab. 52,00 ccm N bei 19,0° C. u. 763,3 mm B.
corr. 47,8 ccm = 0,06003 N.

3) 0,2585 Grm. gab. 39,5 ccm N bei 19,0° C. u. 761,3 mm B.
corr. 36,2 ccm = 0,04546 Grm. N.

Nach Will-Varrentrapp.

4) 0,1483 Grm. gab. 0,1755 Pt. = 0,02482 Grm. N.

Berechnung der gefundenen Mengen N in Proc.

	a.			b.		c.		d.	e.		
	1.	2.	3.	1.	2.	1.	2.		1.	2.	3.
N =	17,73.	17,77.	17,29.	17,80.	17,76.	18,14.	17,88.	17,60.	17,25.	17,23.	17,58.

Für aschefreie Substanz.

	2,40 pc.			2,11 pc.		1,69 pc.		3,58 pc.	3,09 pc. Asche.		
N =	18,16.	18,20.	17,57.	18,18.	18,14.	18,45.	18,18.	18,25.	17,80.	17,77.	18,14.

	a.		b.		c.		d.	e.		
	1.	2.	1.	2.	1.	2.		1.	2.	3.
Mittel.	18,18 pc.		18,16.		18,31.		18,25.	17,90 pc.		

Digitized by Google

Die früheren nebst einigen von H. Settegast ausgeführten Bestimmungen mittelst Natronkalk-Verbrennung hatten ergeben[1]):

a.	b.	c.	d.	e.
N = 17,06 u. 17,29 pc.	16,78 pc.	16,80 pc.	16,87 pc.	16,95. 17,36 pc.
(Settegast)				(Settegast).

III. Legumin aus Hafer.

1) 0,2372 Grm. gaben 38,00 ccm N bei 21,2° C. u. 760,8 mm B.
corr. 34,43 ccm = 0,04324 Grm. N.

2) 0,2848 Grm. gab. 45,2 ccm N bei 21,2° u. 760,8 mm B.
corr. 40,9 ccm = 0,05237 Grm. N.

Aus diesen Zahlen findet man pc. N.

	1.	2.
N =	18,23	18,38 pc.

Aschefrei. (1,82 pc. Asche).

N = 18,56 pc. 18,72 pc. = Mittel: 18,64 pc.

Die früheren von Kreusler ausgeführten Bestimmungen mittelst Natronkalk ergaben[2]) für aschenfreie Substanz:

17,16 pc. N.

IV. Gluten-Casein u. Gliadin aus Weizenkleber.

a. Gluten-Casein.

1) 0,2651 Grm. gab. 39,8 ccm N bei 22,4° C. u. 758,3 mm B.
corr. 35,73 ccm = 0,04487 Grm. N.

2) 0,2876 Grm. gab. 43,8 ccm N bei 21,0° C. u. 757,5 mm B.
corr. 39,39 ccm = 0,04947 Grm. N.

b. Gliadin.

0,2071 Grm. gab. 33,4 ccm N bei 21,6° C. u. 758,0 mm B.
corr. 30,09 ccm = 0,03779 Grm. N.

Hieraus berechnen sich

Glutencasein			Gliadin
	1.	2.	
N =	16,92.	17,20.	18,24 pc.
	Aschefrei.		
	(1,048 pc. Asche).		(0,26 pc. Asche.)
	17,10.	17,38 pc.	18,28 „
	Mittel = 17,24 pc.		

Nach Will-Varrentrapp früher gefunden:
17,14 pc. aschefrei. 18,01 aschefrei.

V. Maisfibrin[3]).

1) 0,2558 Grm. gab. 38,5 ccm. N bei 22,7° C. u. 758,3 mm B.
corr. 34,51 ccm. = 0,04334 Grm. N.

1) Die Eiweisskörper p. 158—176. Journ. f. pract. Chem. 103, p. 193—209.
2) Ebendas. p. 131—184; Journ. f. prakt. Chem. 107, p. 37.
3) Zu diesen Analysen wurde dasselbe, durch Behandlung grösserer

Digitized by Google

2) 0,2559 Grm. gab. 38,0 ccm N. bei 21,5° C u. 759 mm B.
corr. 34,42 ccm = 0,04323 Grm. N.

Berechnung in pc. N.

	1.	2.
N =	16,94.	16,89.

Die Substanz ist frei von Asche.

Die Natronkalk-Verbrennung hatte ergeben:[1])

N = 15,58 pc.

Um die erhaltenen Resultate besser übersehen und mit den älteren Bestimmungen bequemer vergleichen zu können, stelle ich sie wie folgt tabellarisch zusammen:

	N — nach Dumas.		N — nach Will-Varrentrapp.	Mehr nach Dumas.
I. Conglutin, aus				
a) Gelben Lupinen	19,43 pc.		18,40 pc.	+ 0,97 pc.
b) süssen Mandeln	19,13 „	19,44.	18,37 „	+ 0,76 „
c) bittern Mandeln	19,55 „		17,97 „	+ 1,58 „
II. Legumin, aus				
a) Saubohnen	18,18 „		17,06 u. 17,29 pc.	+ 1,12 u. 0,89
b) Pferdebohren	18,16 „		17,78 pc.	+ 1,38 pc.
c) gelben Erbsen	18,31 „		16,80 „	+ 1,51 „
d) grünen Erbsen	18,25 „		16,87 „	+ 1,38 „
e) Kichererbsen	17,90 „ [2])		16,95 u. 17,36 pc.	+ 0,95 u. 0,54
III. Legumin aus Hafer	18,64 „		17,16 pc.	+ 1,48 pc.
IV. a) Gluten-Casein	17,24 „		17,14 „	+ 0,10 „
b) Gliadin	18,28 „		18,01 „ [3])	+ 0,14 „
V. Maisfibrin (Glutenfibr.)	16,91 „		15,58 „	+ 1,33 „

Es haben demnach die Bestimmungen des N nach dem Volumen einen wesentlich höheren Gehalt an N ergeben

bei Conglutin + 0,76 bis 1,58%
bei Legumin + 0,95 bis 1,51%
bei Maisfibrin + 1,33%

während bei Gliadin und Gluten-Casein (Kleber-Proteinstoffe) sehr geringe, nicht wesentliche Differenzen gefunden wurden, beide Methoden also nahezu dieselben Resultate lieferten. Dass

---

Stücke mit einer feinen Stahlfeile hergestellte Pulver verwendet, das bei den früheren N-Analysen angewandt worden war.

1) A. a. O. p. 117—121. Journ. f. pract. Chem. Bd. 106, p. 477—488.

2) Die eine von den 3 Bestimmungen hatte 18,14 pc. N. ergeben.

3) Die Bestimmungen bei verschiedenen Präparaten schwankten von 17,70—18,31 pc. N.

Digitized by Google

sich bei Maisfibrin ein so erheblicher Unterschied herausstellt, dürfte seinen Grund darin haben, dass die Beschaffenheit der Substanz, ihre grosse Zähigkeit, feine Pulverung nicht zulässt und das durch Bearbeiten mit der Feile erhaltene Pulver nicht fein genug ist, um durch Verbrennung mit Natronkalk ein genaues Resultat erzielen zu können.

Aus dem Mitgetheilten geht wohl mit ausreichender Sicherheit hervor, dass die Verbrennung verschiedener Pflanzen-Proteinkörper, insbesondre Conglutin und Legumin, mit Natronkalk, unvollständig ist, dass sie ungenaue, zu niedrige Zahlen für den Gehalt an N liefert oder Schwankungen im Endresultat herbeiführt, die allein Mängeln der Methode zugeschrieben werden müssen. Solche Schwankungen habe ich bei den sehr zahlreichen Analysen von Eiweisskörpern der Pflanzensamen früher vielfach beobachtet, so dass wiederholt Zweifel an der Genauigkeit der Methode sich aufdrängten; da ich jedoch den Grund hiefür theils in ungenügender Sorgfalt bei Ausführung der Analyse, theils in grösserer oder geringerer Reinheit der analysirten Präparate suchen durfte und ausserdem in den meisten Fällen wenigstens mehrere nahezu übereinstimmende Zahlen erlangt wurden, so schien mir keine genügende Veranlassung vorzuliegen, die auftauchenden Zweifel weiter zu verfolgen und das allgemein als zuverlässig genau geltende Verfahren zur Bestimmung des N zu verlassen. Jetzt muss auch ich Seegen und Nowack beistimmen, dass die Dumas'sche Methode allein sichere und genaue Resultate giebt.

Obwohl die begonnene Untersuchung sämmtlicher von mir früher dargestellten und analysirten Präparate, die ich in meinen Abhandlungen erwähnt und beschrieben habe, noch nicht beendet ist und seiner Zeit fortgesetzt werden soll, so scheint es mir doch jetzt schon zulässig, einige Bemerkungen über die Zusammensetzung der untersuchten Proteinkörper zu machen.

I. Conglutin. Als mittlerer Gehalt an N ergiebt sich aus den Analysen von Settegast für die Substanz der gelben Lupinen 19,43, der süssen und bittern Mandeln 19,44%; die Gesammtzusammensetzung ist daher:

Gelbe Lupinen	süsse und bittere Mandeln (Mittel für C, H, N u. S).
C = 50,83	50,44
H = 6,92	6,85
N = 19,43	19,44
S = 0,91	0,43
O = 21,91	22,84

Digitized by Google

Obwohl ich wegen des verschiedenen Gehalts an S beide Substanzen nicht für identisch ansehen kann, so lässt sich doch, sieht man von S ab, für beide als einfachste empirische Formel berechnen: $C_3 H_5 N O$ oder $C_{30} H_{50} N_{10} O_{10}$.

$$\left.\begin{array}{l} C_3 = 50{,}70 \\ H_5 = 7{,}04 \\ N = 19{,}71 \\ O = 22{,}53 \end{array}\right\} \text{berechnet.}$$

Conglutin ist mit keinem der andern Proteinstoffe identisch.

II. Legumin. Als mittleren N-Gehalt des Legumin weisen die ausgeführten Bestimmungen nach 18,22%; demnach ist die Zusammensetzung

$$\begin{array}{l} C = 51{,}48 \\ H = 7{,}02 \\ N = 18{,}22 \\ S = 0{,}40 \\ O = 22{,}88 \end{array}$$

woraus sich als einfachste empirische Formel berechnet $C_{33} H_{54} N_{10} O_{11}$.

$$\begin{array}{l} C_{33} = 51{,}70 \text{ pc.} \\ H_{54} = 7{,}05 \text{ „} \\ N_{10} = 18{,}27 \text{ „} \\ O_{11} = 22{,}98 \text{ „} \end{array}$$

Dumas und Cahours fanden die Zusammensetzung von

Conglutin aus Mandeln	Legumin aus Erbsen und Linsen:	
	I	I
C = 50,94	50,53	50,46
H = 6,72	6,91	6,65
N = 18,93[1])	18,15	18,19
O = 23,41	24,41	24,70

somit haben die N-Bestimmungen von Settegast und Dumas und Cahours nahezu gleiche Resultate gegeben.

III. Maisfibrin. Für dasselbe wurde der N-Gehalt: 16,91% gefunden; seine Zusammensetzung ist demnach von der des Gluten-Fibrins kaum noch verschieden.

Maisfibrin.	Glutenfibrin.
C = 54,69	54,31
H = 7,51	7,18
N = 16,91	16,89
S = 0,69	1,01
O = 21,53	20,61

1) Mittel der N-zahlen: 19,21 pc. 18,51; 18,70; 19,23 pc.

Digitized by Google

Dieser Zusammensetzung entspricht als einfachste empirische Formel $C_{37}\,H_{59}\,N_{10}\,O_{11}$.

$C_{37} = 54{,}26$ pc.
$H_{59} = 7{,}20$ „
$N_{10} = 17{,}09$ „
$O_{11} = 21{,}45$ „

IV. Legumin des Hafers ist, obwohl sein Gehalt an N zu 18,64 pc. gefunden wurde, dem Legumin der Erbsen etc. als am nächsten stehend anzusehen und unterscheidet sich von diesem im Wesentlichen nur durch einen doppelt so hohen Gehalt an S. Die empirische Formel oder die in einer Formel dargestellte procentische Zusammensetzung des Legumins passt ziemlich gut auch für Haferlegumin.

Legumin ber.		Haferlegumin gef.
C_{38}	= 51,70	51,63
H_{54}	= 7,05	7,49
N_{10}	= 18,27	18,64
O_{11}	= 22,98	O + S = 22,24

Ueber die Zusammensetzung der Proteinsubstanz der Bertholletia-(Para-)Nüsse.

Von

H. Ritthausen.

Im 1. und 2. Heft der neuen Zeitschrift für physiologische Chemie von Hoppe-Seyler veröffentlicht Th. Weyl eine Untersuchung über die Proteinsubstanz der Paranüsse (p. 85 — 96), in welcher endlich auch einmal Analysen mitgetheilt und nähere Angaben über die quantitativen Verhältnisse der Elementarbestandtheile gemacht werden. Wie nicht anders zu erwarten war, kehrt auch die wohlbekannte Phrase wieder: „die von Ritthausen und seinen Vorgängern (die französischen Chemiker, ausserdem

Digitized by Google

namentlich Liebig und seine Schüler) als Legumin, Pflanzen-Casein bezeichneten Körper sind Zersetzungsprodukte".

Aus den Paranüssen hatte ich bereits vor 3 Jahren nach dem von mir zur Darstellung von Legumin, Conglutin u. s. w. angewendeten, von Hoppe-Seyler indessen verpönten Verfahren ein Präparat von Proteinsubstanz dargestellt, dessen Analyse bis zur Einrichtung meines neuen Laboratoriums verschoben werden musste. Nachdem diese Analyse nun ausgeführt ist, theile ich in Folgendem die erhaltenen Resultate mit; sie dürften deutlich genug zeigen, was von den Behauptungen Th. Weyl's und Hoppe-Seyler's zu halten ist und dass beide nie untersucht haben, ob das, was sie sagen, wirklich begründet ist oder nicht.

Zur Darstellung der Proteinsubstanz bemerke ich, dass die ausgesuchten und dem Ansehen nach völlig fehlerfreien und unveränderten Kerne der Paranüsse auf einem feinen Reibeisen zerrieben, die zerriebene Masse sofort in eine Flasche mit reinem Aether gebracht und mit Aether bei Zimmertemperatur so oft hintereinander extrahirt wurde, bis die grosse Menge des öligen Fettes gelöst und abgeschieden war. Der völlig weisse, fettfreie Rückstand, mit Alkohol gewaschen und dann über Schwefelsäure getrocknet, diente zur Gewinnung der untersuchten Substanz.

Ich behandelte denselben mit Kaliwasser (1 Grm. Kalihydrat im Liter), wovon solche Mengen genommen wurden, dass auf 100 Grm. 5 Grm. KHO kamen, bei 10° C., filtrirte nach 3—4stündiger Einwirkung, presste den ungelösten Rückstand aus und fällte das wasserhelle Filtrat in bekannter Weise unter Zusatz von Essigsäure bis zur wahrnehmbaren sauren Reaction. Der bald sich absetzende Niederschlag, nach Abheben der Mutterlauge filtrirt, mit Wasser, dann mit starkem Spiritus gewaschen, in der Flasche mit mehrfach erneuerten Mengen Aether, zuletzt mit absolutem Alkohol (stets in Zimmertemperatur) behandelt, ergab nach dem Trocknen über Schwefelsäure eine völlig weisse amorphe, leicht zu pulvernde Substanz, die sich, zu feinem Pulver zerrieben, fast augenblicklich wieder in Kaliwasser klar und wasserhell löste.

Von je 25 Grm. des fettfreien lufttrocknen Materials erhielt ich in Versuch 1: 7,22 Grm., in Versuch 2: 7,625 Grm. oder 28,88 und 30,5 pc. lufttrockner Proteinsubstanz.

Der Extractionsrückstand bildete im wassergesättigten Zustande eine zu sehr grossem Volumen aufgequollene faserige Masse,

Digitized by Google

in welcher unter dem Mikroskop Krystalloide nicht mehr aufzufinden waren, aber rundliche, Proteinsubstanz enthaltende Körner.

In Bezug auf die zur Analyse angewandten Methoden habe ich nur hervorzuheben, dass ich, wie früher, den Gehalt an Asche durch Verbrennen der fein gepulverten Substanz mit frisch geglühtem Tri-Calciumphosphat innig gemischt, bestimmte, ebenso zur C- und H-bestimmung bei Verbrennung im Platinschiffchen ein derartiges, im Schiffchen selbst hergestelltes Gemisch anwandte. Da die Substanz aber nach der oben angegebenen Darstellung ziemlich voluminös ist, in Folge dessen nur schwierig eine hinreichend gute Mischung im Schiffchen hergestellt und nicht immer eine vollständige Verbrennung, ein kohlefreier Verbrennungsrückstand erhalten werden kann, so wurde ein Theil Substanz durch Befeuchten mit Wasser und Trocknen über Schwefelsäure in gewöhnlicher Temperatur in die viel dichtere hornartige Modification übergeführt und diente das feine Pulver davon zur Analyse. Diese Behandlung ändert weder Eigenschaften noch Zusammensetzung des Körpers.

Stickstoff wurde volumetrisch nach Dumas bestimmt und sind die beiden mitzutheilenden Bestimmungen von H. Settegast ausgeführt worden.

Zu jeder C-, H- und N-Bestimmung wurde bei 130° C. völlig getrocknete Substanz genommen; zu Asche, S und P_2O_5 lufttrockne Substanz, berechnet darnach auf den Trockenzustand bei 130°.

Analytische Resultate. I. u. II. bezeichnen 2 verschiedene, aus verschiedenen Portionen des Rohmaterials dargestellte Präparate.

I.

1) 0,1902 Grm. $CO_2 = 0{,}3582$; $H_2O = 0{,}1234$
C = 0,0977; H = 0,01371
2) 0,212 „ $CO_2 = 0{,}3991$; $H_2O = 0{,}1353$
C = 0,10884; H = 0,01503
3) 0,7683 „ $BaSO_4$[2]) = 0,0772 = S : 0,01060
4) 0,4204 „ Asche = 0,0085Grm.
5) 0,2403 „ gaben 38,00 ccm N bei 22°,5 C. u. 758,3 mm B.
= 0,04282 Grm. N.
6) 0,2458 „ „ „ 30,5 ccm N gab bei 21°,8 C. u. 758,8 mm B.
= 0,04347 Grm. N.
7) 0,6878 „ „ 0,0144 $Mg_2P_2O_7$ = 0,0092 P_2O_5.

1) Gereinigt durch wiederholte Behandlung mit verdünnter heisser ClH-säure.

Digitized by Google

II.

8) 0,2274 Grm. $CO_2 = 0{,}4255$; $H_2O = 0{,}1422$.
$C = 0{,}11605$; $H = 0{,}0158$.

9) 0,2098 „ $CO_2 = 0{,}3944$; $H_2O = 0{,}1344$.
$C = 0{,}10756$; $H = 0{,}01493$.

10) 0,2098 „ Asche = 0,0043.[1])

Hieraus berechnen sich folgende Procentzahlen:

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	Mittel.
C =	51,306.	51,34.	—	—	—	—	—	51,033.	51,27.	—	51,23 pc.
H =	7,200.	7,08.	—	—	—	—	—	6,990.	7,11.	—	7,09 „
N =	—	—	—	—	17,82.	17,64	—	—	—	—	17,73 „
O =	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20,62 „
S =	—	—	1,300.	—	—	—	—	—	—	—	1,30 „
Asche	—	—	—	2,02.	—	—	—	—	—	2,05.	2,03 „
P_2O_5	—	—	—	—	—	—	1,34.	—	—	—	1,34 pc.

Für aschefreie Substanz im Mittel:

C = 52,29 pc.
H = 7,24 „
N = 18,09 „
O = 21,06 „
S = 1,32 „

Th. Weyl hat nun als Zusammensetzung der mittelst 10pc. NaCl-Lösung gelösten und durch Wasser gefällten Substanz gefunden (a. a. O.)

C = 52,43.
H = 7,12.
N = 18,10.
S = 0,55.
O = 21,88.

Bei Vergleichung dieser Analysen ergiebt sich auf den ersten Blick, dass die Resultate in Bezug auf C, H und N fast vollkommen übereinstimmen und nur in Bezug auf S und demgemäss auch O eine erhebliche Differenz besteht, dass also, sieht man von Letzterer ab, nach den zwei verschiedenen Darstellungsmethoden, von Hoppe-Seyler und dem Verfasser, Körper von gleicher Zusammensetzung erhalten werden.

Auch beim Vergleich mit den von Dr. Sachsse[2]) erhaltenen

---

1) Eine nachträglich noch ausgeführte S — best. ergab: von 0,6829 Tr.-Subst. = 0,0546 $BaSO_4$ = 0,0075 S = 1,098 pc.; für aschefreie Subst.: 1,12 pc.

2) Sachsse, die Farbstoffe, Kohlenhydrate u. Proteinsubstanzen. p. 136.

Digitized by Google

Resultaten giebt sich eine ziemlich gute Uebereinstimmung zu erkennen, auch bezüglich des Gehalts an S;

	Dr. Sachsse (Mittel).	Ritthausen. (aschehaltige Subst.)
C =	51,00.	51,23.
H =	7,25.	7,09.
N =	18,06.	17,73.
O =	21,51.	20,62.
S =	1,36.	1,30.
Asche =	0,76.	2,03.
P_2O_5. =	0,82.	1,34.

und nur für aschefrei berechnete Substanzen findet man etwas grössere, jedoch noch nicht erhebliche Unterschiede:

			Th. Weyl.
C =	51,42	52,29.	52,43.
H =	7,31	7,24.	7,12.
N =	18,21	18,09.	18,10.
O =	21,69	21,96.	21,88.
S =	1,37	1,32.	0,55.

Es dürfte durch wiederholte sorgfältige Untersuchungen leicht gelingen, die noch bestehende Differenz im C-gehalt bei dem Präparat von Sachsse und dem von mir dargestellten zu beseitigen; der Unterschied im Gehalt an S zwischen dem Präparat von Weyl und dem von Sachsse und dem meinigen ist jedoch der Aufklärung sehr bedürftig.

Zum Schluss dieser vorläufigen Mittheilung kann ich nicht umhin, nochmals meine Verwunderung darüber auszusprechen, dass Weyl und Hoppe-Seyler sich nie die Mühe genommen haben zu untersuchen, ob die von ihnen in Scene gesetzte Verurtheilung aller andern Arbeiten begründet ist oder nicht; diese erste Publikation von Weyl schon wirft die ganze Lehre Hoppe-Seyler's von der Uebereinstimmung zwischen den Thier- und Pflanzen-Eiweisskörpern über den Haufen und bestätigt die Richtigkeit der aus meinen Arbeiten hervorgegangenen Resultate. Ich werde bemüht sein, noch weiteres Material zur richtigen Würdigung der Hoppe-Seyler'schen Ansichten zu beschaffen, nachdem mir die Arbeit aufgebürdet worden ist, das Urtheil Hoppe-Seyler's über meine Untersuchungen zu berichtigen und als ganz ungerechtfertigt zu erweisen.

Digitized by Google

Ueber die Zusammensetzung des Eisenniederschlages aus menschlichem Harn

zur Abwehr gegen Herrn J. L. W. Thudichum

von

Dr. E. Salkowski,
Prof. e. o. in Berlin.

Thudichum hat gelegentlich seiner Mittheilungen über die Kryptophansäure[1]) im Harn eine, von mir im 2. Bande dieses Archiv's S. 354 — 369 veröffentlichte Untersuchung über den im Harn (nach Ausfällung der Phorphorsäure) durch Eisenchlorid entstehenden Niederschlag, einer sehr absprechenden Kritik unterzogen. Die derselben zu Grunde liegenden Zahlenangaben Thudichum's haben mich zu einer erneuten Prüfung meiner früheren Angaben veranlasst, über die ich hier kurz berichten will, ohne dabei, wie erklärlich, die Form berücksichtigen zu können, in welcher Herr Thudichum seine Kritik einkleiden zu müssen geglaubt hat.

Die Vorwürfe Thudichum's concentriren sich darin, dass ich in meinen Eisenniederschlägen grosse Mengen organischer Substanz in Händen gehabt und doch aus denselben nur verschwindend kleine Mengen gut characterisirter Substanzen habe isoliren können. Nach der von Thudichum mitgetheilten Bestimmung der organischen Substanz des Eisenniederschlages würde dieser Vorwurf der Begründung auch nicht entbehren. Th. erhielt aus 16 Liter Harn: 1760 Grm. feuchten Eisenniederschlag = 207,68 trocknen. 0,175 Grm. desselben hinterliess beim Glühen 0,066 Fe_2O_3, für die ganze Menge berechnet sich somit 78,32 Grm. Glührückstand und 129,36 Glühverlust. Wenn ich nun auch nicht abzusehen vermochte, wie bei dem von mir eingeschlagenen Wege der Analyse des Niederschlages organische Substanz in irgend nennenswerther Menge der Beachtung entgangen sein sollte, so

1) Dieses Arch. Bd. 15. S. 467.

Digitized by Google

hielt ich es doch, gegenüber der obigen Angabe, für erforderlich, den Versuch von Th. zu wiederholen, nur mit dem Unterschiede, dass ich, (wie in allen meinen früheren Versuchen, die ja nachgeprüft werden sollten), genuinen Harn fällte, ohne vorgängiges Eindampfen.

1) 1 Liter gemischter Harn von verschiedenen Personen vom spec. Gew. 1018 wurde mit Kalkmilch und Chlorcalcium gefällt, das Filtrat neutralisirt, mit Eisenchlorid versetzt, der Niederschlag nach mehrstündigem Stehen abfiltrirt, bis zum Verschwinden der Salzsäure-Reaction gewaschen. Es wurden erhalten 1,210 Grm. trockner Eisenniederschlag (bei 110°). 0,656 Grm. desselben hinterliessen beim Glühen 0,2885 Grm. Rückstand, aus Eisenoxydul-oxyd und Eisenoxyd bestehend. Ziehen wir die beim Glühen etwa stattgefundene Sauerstoffaufnahme aus der Luft als unerheblich nicht in Betracht, so enthielt die angewendete Menge Eisenniederschlag 0,3675 Grm. organische Substanz, ein Liter Harn also 0,678 Grm. Thudichum findet dagegen 8,08 Grm. organische Substanz in 1 Liter Harn. Eine Versöhnung so widersprechender Befunde ist unmöglich, ich weiss keinerlei Erklärung dafür zu geben. Beiläufig bemerkt trat beim Glühen des Niederschlages Geruch nach schwefliger Säure auf — es steht also auch noch sehr dahin, ob aller Gewichtsverlust beim Glühen organische Substanz bedeutet.

Ich wollte mich indessen nicht auf diesen einen Versuch beschränken, der die vollständige Verschiedenheit des Harns, der mir zur Verfügung stand, von demjenigen zeigt, den Herr Thudichum untersucht hat. Auch interessirte mich lebhaft der „Barytprocess", mittelst dessen aus dem Eisenniederschlag nach Thudichum Kryptophansäure gewonnen werden kann.

2) 6 Liter Harn vom spec. Gew. 1,017 werden mit Kalkmilch und Chlorcalcium gefällt, Filtrat und Waschwässer neutralisirt, mit Eisenchlorid gefällt. Das Filtrat von diesem Niederschlag wurde dann noch mit Na_2CO_3 genau neutralisirt, wobei ein neuer Niederschlag entstand. Beide Niederschläge wurden ausgewaschen, alsdann vereinigt und mit Barythydratlösung im Ueberschuss im Kolben längere Zeit erwärmt, alsdann filtrirt. Das hellgelbe, stark alkalische Filtrat und Waschwasser wurde durch Einleiten von CO_2 und Aufkochen von überschüssigem Baryt befreit (Thudichum giebt diese Massregel bei seiner Beschreibung nicht an. Th. sagt:

Digitized by Google

„dem Schlamm[1]) wurden 80 Grm. Barythydrat in Wasser suspendirt zugesetzt, die Mischung wurde erhitzt und filtrirt, und das Filtrat im Wasserbad verdampft. Das resultirende Baryumsalz wog 104 Grm. und enthielt, wie aus den späteren Analysen der Fractionen hervorgeht, ungefähr 29,3 Proc. Ba. Daraus folgt weiter, dass etwa 40 Grm. Baryt in einer unlöslichen Form in dem Eisenniederschlag zurückblieben, nachdem das gebildete Barytsalz soweit als möglich, ausgewaschen worden war.“ Auch die Zahlenangaben beweisen, dass Th. Kohlensäure nicht angewendet hat, denn die angegebenen 29,3 Proc. Ba. von 104 Grm. = 38,7 Grm. Barythydrat $Ba(OH)_2$ plus 40 Grm. geben 78,7 Grm., also sehr nahe die angewendete Menge. Das Barytsalz von Thudichum muss somit mit Barythydrat, resp. kohlensaurem Baryt verunreinigt gewesen sein.) Filtrat + Waschwasser wurden anfangs auf freiem Feuer, dann auf dem Wasserbad eingedampft. Dabei schieden sich allmälig auf der Oberfläche der Flüssigkeit Häute von lichtbräunlich gefärbtem kohlensauren Baryt aus. Von diesem wurde abfiltrirt, nachgewaschen, Filtrat + Waschwasser auf 300 ccm. gebracht.

Der ausgeschiedene kohlensaure Baryt, in ein Becherglas gespült, löste sich bei Zusatz von Salzsäure unter Aufbrausen und Abscheidung harzartiger bräunlicher Tropfen, die sich allmälig an den Wänden des Becherglases ansetzten. Sie wurden mit Wasser abgewaschen und lösten sich alsdann leicht mit röthlicher Farbe in Alkohol. Die Lösung zeigte den Absorptionsstreifen des Urobilin mit verwaschenen Rändern. Von dem neutral reagirenden Filtrat wurden 50 ccm., entsprechend 1 Liter Harn, mit Schwefelsäure völlig gefällt etc. Es wurden erhalten 0,216 schwefelsaurer Baryt. Unter Zugrundelegung der Formel von Thudichum für die Kryptophansäure $C_{10}H_{18}N_2O_{10}$ und Annahme des neutralen Barytsalzes war somit aus 1 Liter Harn höchstens 0,151 Grm. Kryptophansäure durch das „Eisen-Barytverfahren“ zu erhalten. Und dabei wird Th. gewiss selbst nicht annehmen, dass diese Lösung keine anderen Ba-salze enthalte, als die der Kryptophansäure resp. Paraphansäure. — Die restirenden 250 ccm. (= 5 Liter Harn) wurden mit bas. Bleiacetat gefällt = I, Filtrat + Waschwasser mit NH_3 = II

Der Niederschlag I wurde mit Wasser gut ausgewaschen und

1) sc. von Eisenniederschlag.

Digitized by Google

mit H_2S zersetzt, nach dem Aufkochen abfiltrirt, etwa auf $^1/_4$ abdestillirt, dann auf dem Wasserbad vollends eingedampft. Es hinterblieb eine schmierige braune Masse, die sich nur unvollständig unter stark saurer Reaction in Wasser löste.

Das Destillat, das nach fetten Säuren roch und sauer reagirte, wurde mit Na_2CO_3 etwas übersättigt und aufs Neue destillirt. Das neutral reagirende Destillat gab, mit reiner Salpetersäure (1,2 spec. Gew.) versetzt, nach einigen Minuten gesättigte Rothfärbung. Ich habe auch die Rothfärbung der Destillate des menschlichen Harns l. c. S. 364 schon besprochen und kann meine früheren Beobachtungen nur bestätigen. Säuert man 200 ccm eines nicht allzudünnen Harns mit Weinsäure an und destillirt $^1/_2$ bis $^3/_4$ ab, so giebt das Destillat, mit reiner Salpetersäure versetzt, eine schöne Rosafärbung; die späteren Antheile des Destillates zeigen diese Färbung nicht mehr, auch ein Zusatz von Salzsäure zum Destillationsrückstand und erneutes Destilliren lässt den mit Salpetersäure sich rothfärbenden Körper nicht aufs Neue auftreten. Macht man den Harn von vornherein mit einigen Tropfen Na_2CO_3 alkalisch und unterwirft ihn der Destillation, so zeigt das Destillat keine Reaction mit Salpetersäure, trotzdem der fragliche Körper, wie schon früher ausgeführt, von kohlensaurem Natron nicht zurückgehalten wird. Dieser mit Salpetersäure sich rothfärbende Körper scheint also durch eine Spaltung zu entstehen, die schon durch Weinsäure bewirkt wird, und weder sauren noch basischen Character zu haben. — Am schönsten erhält man die Reaction, wenn man 100 bis 200 ccm Harn alkalisch macht, etwa $^3/_4$ abdestillirt, alsdann den Rückstand im Kolben mit Weinsäure ansäuert und aufs Neue abdestillirt. Das nun erhaltene Destillat zeigt mit reiner Salpetersäure eine sehr schöne Rothfärbung, die beim Alkalisiren mit Na_2CO_3 verschwindet und beim Ansäuern mit Salzsäure wieder hervortritt. Es scheint sich nicht zu empfehlen, den alkalischen Harn abzudampfen, statt ihn zu destilliren — ich habe wenigstens auffallender Weise alsdann stets weniger gute Reaction mit Salpetersäure bekommen. Die Färbung erinnert sehr an die Reaction des Indol mit Salpetersäure; ich finde indessen doch einige Unterschiede. Zunächst gelingt die Reaction bei Indol nur, wenn die Salpetersäure Untersalpetersäure enthält, was bei diesem Körper nicht nöthig ist. Freies Indol würde ausserdem auch ein etwas anderes Verhalten zeigen, namentlich bei alkalischer Reaction des

Digitized by Google

Harns in das Destillat übergehen. Allerdings könnte man, seit Baumann nachgewiesen hat, dass das Indican eine gepaarte Schwefelsäure ist, ja auch an die Möglichkeit einer Verbindung denken, welche bei Einwirkung von Säure Indol liefert, doch liegen bis jetzt keine Anhaltspunkte für die Annahme solcher Verbindungen vor.

Koukol-Yasnopolsky[1]) hat vor einiger Zeit angegeben, dass der Harn von Pferden Indol enthalte. Ueber die Art des Nachweises ist nichts Genaueres angegeben, indessen lässt sich wohl vermuthen, dass die Salpetersäure-Reaction die Hauptstütze desselben sein wird. Meine Beobachtungen am menschlichen Harn sind, wie leicht erklärlich, K. entgangen. Ich habe mich überzeugt, dass auch Pferdeharn, mit Weinsäure destillirt, ein Destillat giebt, das sich mit reiner Salpetersäure roth färbt, übrigens nicht nach Indol riecht. Die Destillate alkalischen Pferdeharns geben mit Salpetersäure nur Spuren von Rosafärbung: die Flüssigkeit färbt sich bald intensiv gelb und nimmt einen caramelartigen Geruch an. Bei dem Fehlen genauerer Angaben über den Nachweis des Indols muss ich es für möglich halten, dass hier eine Verwechslung mit dem mit reiner Salpetersäure sich roth färbenden Körper vorliegt, den ich nicht ohne Weiteres für Indol halten kann, umsoweniger, als das Destillat eines Gemisches wässeriger Indollösung und alkalisch gemachten menschlichen Harns sich mit reiner Salpetersäure nicht färbt.

Der Rückstand im Destillirkolben (vgl. oben) wurde auf dem Wasserbad eingedampft und mit Alkohol ausgezogen. Der alkoholische Auszug etwas concentrirt, mit Schwefelsäure versetzt und erwärmt, gab den Geruch nach zusammengesetzten Aethern aus der Fettsäurereihe. —

II. Der Bleiessig-Ammoniakniederschlag gab nach dem Zersetzen mit H_2S und Eindampfen auch nur einen klebrigen, braunen, sauer reagirenden Syrup.

Die Behandlung des Eisenniederschlages mit Baryt ist nun aber nach Thudichum's eigner Angabe nicht geeignet, alle Säure aus demselben auszuziehen. Ich stellte daher noch folgenden Versuch an.

3) Der Eisenniederschlag aus 1 Liter Harn wurde in Wasser

1) Dieses Archiv Bd. XII. S. 86.

Digitized by Google

aufgeschwemmt, 50 ccm Normalnatronlauge zugesetzt, auf 400 ccm gebracht und gekocht, um sämmtliche an Eisenoxyd gebundene Säure in das Natronsalz überzuführen. Nach dem Erkalten wurde wieder auf 400 ccm gebracht, alsdann filtrirt. Im Filtrat wurde in 3 Proben die Alkalescenz bestimmt. 50 ccm desselben brauchten 5,4—5,54—5,24 ccm Normalsäure (zuletzt mit $^1/_{10}$ Säure austitrirt), im Mittel 5,4 ccm, also die 400 ccm, wenn man das Volumen des Eisenniederschlags gleich 0 setzt, 43,2 ccm Normalsäure. Somit sind gebunden 6,8 ccm Normalnatron, welche 0,5508 Grm. Kryptophansäure entsprechen würden. Nun enthält aber der Eisenniederschlag auch Hippursäure und es ist nicht zu bezweifeln, dass auch die in meiner citirten Arbeit unter b beschriebenen Substanzen Natron binden; das gebundene Natron ist also sicher nicht allein auf Kryptophansäure zu beziehen. Dass ich nach all' diesen Erfahrungen Darstellungen von „Kryptophansäure" aus einem so ungünstigen Material nicht weiter versucht habe, ist erklärlich. Auch wird Niemand, vielleicht Thudichum selbst nicht, mich noch weiterhin für moralisch verpflichtet halten, einige Hectoliter Urin zu verarbeiten, nur um Substanzen von so zweifelhafter chemischer Reinheit zu erhalten, wie sie mein Niederschlag b darstellt (vgl. die citirte Arbeit), nachdem ich nachgewiesen, dass in meinen Eisenniederschlägen überhaupt nur sehr wenig organische Substanz enthalten ist.

Wie mir Thudichum einen Vorwurf daraus machen kann, dass ich, „um doch etwas mit den erhaltenen Substanzen anzufangen", die Wirkungen derselben auf Kaninchen untersucht habe — ist mir nicht verständlich. Diese Versuche stehen freilich „in gar keinem Zusammenhang mit der Hauptfrage", will Th. aber das Betreten eines jeden Seitenweges mit Interdict belegen?

Herr Th. ist M. D., er wird also auch wissen, dass es einen Symptomcomplex giebt, den man Urämie nennt, dass dieser Symptomcomplex in seinen Ursachen keineswegs völlig aufgeklärt ist und es vielleicht noch weniger war zur Zeit, als meine Abhandlung erschien. Man hat die verschiedensten Harnbestandtheile auf ihre Betheiligung an der Urämie geprüft — liegt nun irgend etwas Ungereimtes darin, wenn ich den Versuch anstelle, ob vielleicht diese bisher noch nicht geprüften extractiven Materien des Harns eine erkennbare Wirkung auf den Thierkörper ausüben? War von diesen Versuchen nicht unter Umständen ein 100 Mal werthvolleres

Digitized by Google

Resultat zu erwarten, als von der einen oder anderen Elementaranalyse einer Substanz, die keine Garantien für chemische Reinheit bietet?

Thudichum bemängelt ferner den Nachweis der von mir als Harnbestandtheil angegebenen Propionsäure aus dem Grunde, weil sich derselbe auf eine Baryumbestimmung im Baryumsalz stützt. Sollte Herrn Thudichum wirklich nicht bekannt sein, dass zur Feststellung der Identität einer gefundenen Substanz mit einer bekannten unter Umständen, neben der Constatirung der Eigenschaften, eine sog. Atomgewichtsbestimmung ausreicht? Th. übersieht ganz und gar, dass ich l. c. besonders erörtere, dass und warum die Atomgewichtsbestimmung in diesem Fall den Schluss auf Propionsäure zulässt. Um flüchtige fette Säuren aus der Reihe $C_nH_{2n}O_2$ handelt es sich jedenfalls. Nun kann ein Baryumgehalt von 49,07 nur aus einer Mischung von Ameisensäure und Essigsäure mit höheren Säuren (von der Buttersäure aufwärts) hervorgehen oder er beweist Propionsäure. Ameisensäure und Essigsäure können aber, wie ich nachgewiesen, nur in sehr geringen Mengen vorhanden sein, folglich muss es sich um Propionsäure handeln.

Endlich beklagt sich Thudichum oder ist erstaunt darüber, dass ich seinem Uromelanin die chemische Individualität abgesprochen habe, trotzdem dasselbe nach allen Richtungen durch und durch analysirt ist. Ich bin natürlich noch genau derselben Ansicht wie früher. Das „durch-und-durch-Analysiren" allein thut es nicht, man muss auch sehen, was man analysirt.

Um nur Einiges anzuführen, zeigen zunächst die Präparate verschiedener Darstellungen des Uromelanin eine sehr geringe Uebereinstimmung unter sich und mit der Formel $C_{36}H_{43}N_7O_{16}$.

Die Formel erfordert:	Die gefundenen Werthe schwanken zwischen	und
C 58,93	56,43	58,15
H 5,86	4,28	5,95
N 12,88	12,40	13,88

Nun ist aber für amorphe Körper, die an sich keinerlei Garantie für chemische Reinheit bieten, die Constanz der Zusammensetzung ein ausserordentlich wichtiges Kriterium für die chemische Individualität. — Und nun gar die abnormen Verbindungen! 3 Silbersalze, 3 Baryumsalze, 3 Calciumsalze, 3 Zinksalze! In den Baryum-

Digitized by Google

salzen sollen Uromelanin und Baryum in folgenden Verhältnissen zu einander stehen:

Uromelanin		Baryum
5	:	2
2	:	1
4	:	3

Diese Verbindungen würden also die Annahme von 3 Uromelaninresten nothwendig machen, nämlich 1) 5 ($C_{36}H_{43}N_7O_{10}$) — 4 H. 2) 2 ($C_{36}H_{43}N_7O_{10}$) — 2 H. 3) 4 ($C_{36}H_{43}N_7O_{10}$) — 6 H!

Th. kann keine Analogieen für solche Verbindungen bei andern organischen Säuren anführen. Sehen wir uns nun die Zahlen an, die Th. zur Stütze solcher ungeheuerlicher Verbindungen anführt, so finden wir: Baryum gefunden:

1 | 2—5 | 6—8

7,20; 7,86 — 8,21 — 8,95 — 9,15; 12,42 — 13,68 — 13,75

Hieraus macht Th. dann folgende Salze:

aus Analyse 1 Ur_5Ba_2 (Ba berechnet 6,96)
„ „ 2—5 Ur_2Ba (Ba „ 8,55)
„ „ 6—8 Ur_4Ba_3 (Ba „ 12,34)

Die Analysen 1 bis 5 stellen aber eine ganz continuirliche Reihe dar mit allmäligen Uebergängen, und Th. greift beliebig diejenigen heraus, welche sich zur Noth in eine Formel zwängen lassen! — Es sind eben keine reinen Verbindungen, sondern Gemische! Beim Silbersalz soll nun gar noch H_2O austreten, bei den andern Salzen nicht!

Was an den Angaben von Thudichum über das Uromelanin sicher ist, ist, dass man beim Kochen von Harn mit Säuren schwarze amorphe Substanzen von schwach sauren Eigenschaften erhält, die in ihrem Habitus den Angaben von Th. entsprechen und die von ihm angegebene Zusammensetzung haben mögen — ich habe selbst keine Analysen davon ausgeführt. Ob man diese Substanzen nun „besondere schwarze Materie von Preuss“[1]) oder Melanic acid (Prout)[2]) oder Melanurin (Marcet)[3]) oder Uromelanin nennt, scheint mir ziemlich gleichgiltig. Wenn Thudichum die Benennung Uro-

1) Citirt nach Thudichum's Angabe im Eingang seiner Uromelanin-Arbeit. Journ. f. pr. Ch. Bd. 104. S. 257.

2) und 3) citirt nach Simon Med. Chem. Bd. I. S. 346 und Heintz Zoochemie S. 810.

Digitized by Google

melanin vorzieht, so ist dagegen am Ende nichts einzuwenden, aber kein Chemiker wird aus der Abhandlung von Th. die Ueberzeugung gewinnen, dass das Uromelanin ein chemisches Individuum ist.

Ich glaube durch die vorstehenden Auseinandersetzungen, welche meine früheren Angaben durchaus bestätigen, die völlige Grundlosigkeit der Angriffe Thudichum's gegen mich gezeigt zu haben und hiermit ist diese Angelegenheit für mich erledigt.

(Aus dem physiologischen Laboratorium in Zürich.)

Ueber telephonisches Hören mit mehrfachen eingeschobenen Inductionen.

Von

L. Hermann.

Goltz hat gefunden, dass die telephonischen Inductionsströme auch dann einen Froschnerven tetanisiren, wenn man sie einer primären Spirale zuleitet und erst die secundäre Spirale mit dem Froschnerven verbindet.

Von grosser theoretischer Bedeutung ist nun der Versuch, ob bei eingeschobenen Inductionen noch telephonisches Hören möglich ist und ob sie die Klangfarbe unverändert lassen. Bei Anstellung des Versuchs fand ich sofort, dass beides der Fall ist. Günstiger als die Einschaltung eines gewöhnlichen Inductionsapparates ist es, auch als primäre Rolle eine windungsreiche zu nehmen [1]).

1) Ueber den Widerstand der Telephonrollen selbst bemerke ich bei diesem Anlass folgendes: Zwei von mir untersuchte Telephone von Siemens & Halske hatten einen Widerstand von 55,1, beziehlich 54,8 S.-E.; vier Telephone von Leppin & Masche in Berlin hatten nur 21,8, 20,0, 14,1 und 10,3 S.-E., waren übrigens in allen Versuchen ebenfalls gut wirksam.

Digitized by Google

Dazu aber bietet sich ein ausgezeichnetes Mittel in der Anwendung gewöhnlicher feindrähtiger Boussolrollen. Da dieselben aus zwei nebeneinander gewickelten Drähten bestehen, so nimmt man den einen Draht als primäre, den andern als secundäre Spirale. Man hört so mit überraschender Deutlichkeit.

Aber man kann, ohne die Uebertragung zu hindern, statt der Ströme zweiter, auch solche dritter, vierter und fünfter Ordnung verwenden, indem man noch ein zweites, drittes und viertes Rollenpaar einschaltet. (Wem es an Boussolrollen fehlt, der kann auch Multiplicatorgewinde benutzen.) Bei mir war, nach zwei eingeschaltenen Inductionen Vorgelesenes noch völlig verständlich, nach drei und vier wenigstens die Stimme erkennbar und bekannter Inhalt (Zählen) auch verständlich.

In meiner vorigen Notiz (dies Arch. p. 264) hatte ich darauf aufmerksam gemacht, dass wo durch Differenzirung Sinusfunctionen in Cosinusfunctionen übergehen, nicht allein Phasenverschiebung, sondern auch Aenderung des Intensitätsverhältnisses der Partialtöne, also Aenderung der Klangfarbe eintreten müsste. Daraus, dass letztere beim gewöhnlichen Telephoniren ausbleibt, schloss ich, dass wenn im Telephon A die Induction nach dem Gesetz $\frac{\partial P}{\partial t}$ (du Bois-Reymond) erfolgt, nothwendig im Telephon B eine Integration sich einschieben muss. Die Richtigkeit jenes Gesetzes, sagte ich damals, „kann kaum bezweifelt werden“. Die neuen hier mitgetheilten Thatsachen lehren aber, dass bei der in Frage kommenden Induction überhaupt das angeführte Gesetz nicht stattfinden kann. Denn jede weiter eingeschobene Induction müsste dann nicht allein einen neuen Wechsel zwischen Sinus- und Cosinusfunction bewirken, sondern auch das Intensitätsverhältniss der Partialtöne, d. h. die Klangfarbe, noch mehr ändern; fährt man nämlich in der p. 265 begonnenen Differentiirung fort, so ist

$$\frac{\partial^2 P}{\partial t^2} = -4\pi^2 n^2 . \text{const.} \{a_1 \sin(2\pi nt + b_1) + 4a_2 \sin(4\pi nt + b_2) + 9a_3 \sin(6\pi nt + b_3) + ..\}$$

und so weiter.

Offenbar also kann, wenn es wirklich zweifellos ist, dass die Klangfarbe einen absolut treuen Ausdruck des Intensitätsverhältnisses der Partialtöne darstellt, bei der telephonischen Uebertragung eine Differentiirung gar nicht stattfinden, und das Gesetz, wonach die inducirte Kraft dem ersten zeitlichen Differentialquo-

Digitized by Google

tienten der Veränderlichen proportional ist, findet aus irgendwelchen Gründen für den Fall der Induction durch oscillatorische Intensitäts- resp. Potentialänderungen überhaupt keine Anwendung.

(Aus dem physiologischen Institute zu Innsbruck.)

Das Verhalten der physiologischen Reactionszeit unter dem Einfluss von Morphium, Caffée und Wein.

Untersuchungen von

M. J. Dietl und **M. v. Vintschgau.**

Nebst Tafel IV und V.

Einleitung.

Die vorliegenden Untersuchungen vereinigen in sich den Vorwurf, zu ermitteln, ob durch die Einverleibung von Substanzen, welche erwiesener Massen auf das Nervensystem eine auffallende Wirkung äussern, die physiologische Zeit eines Individuums geändert — sei es verlängert oder aber verkürzt werde[1]).

S. Exner hat wohl in seiner Schrift: Experimentelle Unters. etc.[2]) die gleiche Frage aufgeworfen und sie auch theilweise einer experimentellen Prüfung unterzogen, ohne sie jedoch zu lösen, da

1) Es liegt dem Plane dieser Arbeit ferne, zu erforschen, in wie weit die einzelnen in Betracht kommenden Partien des Nervensystems dabei betheiligt sind.

2) Pflüger's Archiv für Physiologie Bd. VII. pag. 601 f.

Digitized by Google

von den wenigen Versuchen, die er vornahm, mehrere nur negative Resultate ergaben.

So konnte S. Exner nach dem Genusse von drei Tassen, aus 15 übervollen Löffelchen bereiteten sogen. russischen Thees, die er binnen 25 Minuten trank, keine Veränderung der Reactionszeit bemerken, obwohl er die Beobachtungen im Verlaufe von $1^1/_2$ Stunden zeitweilig wiederholte.

Ebenso negativ fiel ein Versuch aus, den er an H. A. v. W. mit einer subcutanen Injection von 40 Tropfen Morphiumlösung (morph. mur. gr. duo, aq. dest. drachm.) anstellte. A. v. W. fühlte sich zwar träge und gab an, dass es ihm scheine, als würde er langsamer reagiren, als sonst; die Messungen zeigten aber keine auffallende Abweichungen von dem gewöhnlichen Verhalten.

S. Exner fügt nun die Bemerkung hinzu: „Ich habe diese Versuche im Anhang nicht mitgetheilt, eben wegen ihres negativen Erfolges, muss jedoch bemerken, dass ich es nicht für unwahrscheinlich halte, dass bei energischer Dosis und vielleicht bei geeigneteren Individuen der Versuch mit besserem Erfolge angestellt werden könnte". pag. 628.

Ein positives Resultat erzielte S. Exner bei einem ebenfalls an A. v. W. angestellten Versuche, bei dem letzterer 2 Flaschen Rheinwein (Hochheimer) trank. Dieser Versuch soll später bei der Besprechung unserer eigenen Resultate eine nähere Berücksichtigung erfahren.

Bei der angestrebten Lösung des oben angedeuteten Problems zeigten sich uns auch einige andere Erscheinungen, welche, einer planmässigen Beobachtung unterzogen, nicht unwichtige Ergebnisse zu liefern versprechen. Wir wollten jedoch unsere Untersuchungen nicht allzuweit ausdehnen und beschränkten uns deshalb auf die oben erwähnte Frage, werden jedoch nicht unterlassen, auf diese nebenbei beobachteten Erscheinungen in einem eigenen Capitel etwas näher einzugehen.

Bevor wir an die Besprechung unserer eigentlichen Versuche herantreten, müssen wir nothwendiger Weise einigen einleitenden Bemerkungen Raum geben.

Angewendete Substanzen und Beobachtungsmethode.

Die Versuche haben wir ausschliesslich an uns selbst vorgenommen.

Digitized by Google

Die zur Anwendung gekommenen Substanzen waren: Morphium, Caffée und Wein. Das erstere wegen seiner bekannten deprimirenden Wirkung auf das Nervensystem, die beiden anderen in Hinsicht auf ihre weite Verbreitung als Genussmittel und Getränk, sowie in Berücksichtigung des Umstandes, dass ihre physiologische Bedeutung noch sehr mangelhaft bekannt ist.

Bezüglich der Quantität der drei Substanzen, die einverleibt wurden, galt für alle Versuche der Grundsatz, dass die gereichte Dosis das Bewusstsein stets vollkommen intact lassen musste, so dass derjenige, welcher sich dem Versuche unterwarf, immer noch in der Lage war, kleineren Nebenbeschäftigungen beim Versuche obliegen zu können. Ueber einige speciellere Anordnungen werden wir bei den einzelnen Substanzen mehr berichten; dagegen wollen wir hier einige Bemerkungen anfügen über die Methode, die zur Anwendung kam, um die physiologische Reactionszeit zu messen.

Wir wählten die Reactionszeit der Tastempfindung an einer Hautstelle (Volarseite der 3. Phalanx des Mittelfingers der rechten Hand), hervorgerufen durch Berührung mit jener Pinselvorrichtung, die bei einem anderen Anlasse beschrieben wurde[1]).

Zu dieser Wahl haben uns folgende Gründe bewogen:

Für den Tastsinn standen uns bereits jene Beobachtungen zur Verfügung, welche bei anderen Gelegenheiten von einem von uns gesammelt wurden, während wir dagegen für den Gesichts- und Gehörsinn keine eigenen Beobachtungen besitzen. Der Geschmacksinn lässt sich für die von uns beabsichtigten Untersuchungen wol nur sehr schwer verwerthen. An dem Tastsinne lassen sich überdies die Beobachtungen sehr häufig hintereinander wiederholen, ohne dabei befürchten zu müssen, dass eine nennenswerthe Aenderung der peripheren Organe Platz greife, wie dies z. B. beim Geschmacksorgan höchst wahrscheinlich der Fall ist, ja auch beim Gesichtssinn vorkommt, wenn man genöthigt ist, sehr häufig hintereinander Objecte zu fixiren (Ermüdung des Accomodationsapparates des Auges, Ermüdung der Netzhaut). Die Berührung der Haut mit der Pinselvorrichtung haben wir gewählt und die electrische Reizung vermieden, weil die Berührung der adaequate Reiz

1) M. v. Vintschgau und J. Hönigschmied. Versuche über die Reactionszeit einer Geschmacksempfindung I. Theil. Pflüger's Archiv für Phys. Bd. X. p. 2 f.

Digitized by Google

für das Tastorgan ist, die electrische Reizung eine etwas complicirtere Zusammenstellung der Apparate erfordert hätte, und endlich die physiologische Reactionszeit auf einen Induktionsschlag von dessen Intensität abhängt. Man muss wohl zugeben, es sei auch bei der Berührung mit der Pinselvorrichtung nicht die Garantie vorhanden, dass alle kleinen Schläge, die man applicirt, untereinander vollkommen gleich ausfallen; jedenfalls ist der Unterschied so gering, dass er gewiss keinen Einfluss auf die Reactionszeit ausüben kann. Man lernt recht bald die Berührung so auszuführen, dass alle Schläge, soweit der Beobachtete es beurtheilen kann, ziemlich gleich sich gestalten, und er im Stande ist, anzugeben, ob die Berührung eine zu schwache oder zu starke war, wie es manchmal auch vorkam und in den Versuchsprotokollen notirt wurde; es hat sich jedoch herausgestellt, dass dieser kleine Unterschied in der Stärke der kleinen Schläge keinen Unterschied in der Reactionszeit bedinge, und nur in jenen wohl sehr seltenen Fällen, in welchen die Pinselvorrichtung vom berührten Finger abrutschte, ergab sich eine von der Norm abweichende Reactionszeit — man hatte eine schlechte Beobachtung.

In der Schrift über die Reactionszeit einer Geschmacksempfindung ist ausführlich angegeben, welche Vorsichten bei der Anwendung der Pinselvorrichtung nicht ausser Acht gelassen werden dürfen, und auch dargethan, dass die Zeit, welche nothwendig ist, damit die Feder mit der Platinspitze in Berührung komme, gewiss kürzer ist, als 0,0043 Sec., also eine Grösse, welche der berechtigten Vernachlässigung anheimfallen kann.

Der Beginn und das Ende der physiologischen Reactionszeit wurde auch in diesem Falle mit demselben Electromagnet markirt, der bei den früheren Versuchen über den Geschmackssinn in Anwendung stand; bei jener Gelegenheit sind auch die Methoden angeführt, welche benützt wurden, um die Fehler zu bestimmen, die das Entstehen und Verschwinden des Magnetismus verursacht. Es ist ferner an jener Stelle angeführt, dass jede Beobachtung in Folge dieser Fehler um 0,00465 Sec. kürzer ausfällt und man darum die Correctur von + 0,005 Sec. anbringen muss.

Bei den Zahlen, die wir in dieser Schrift anführen, ist stets diese Correctur angebracht, nur in den Zahlen der wenigen Versuchsprotocolle, welche wir im Anhange veröffentlichen und welche die directen Ergebnisse der Versuche darstellen, fehlt die Correc-

Digitized by Google

tur, dagegen enthalten aber alle Tabellen die bereits corrigirten Mittelwerthe, wie auch die graphischen Tafeln nach diesen corrigirten Mittelwerthen entworfen sind.

Die Zeit wurde, wie bei den erwähnten Versuchen über den Geschmackssinn auf einem mit berusstem Papier überspannten Cylinder gezeichnet und die Länge des Papiers, sowie jene der gezeichneten Linien auf dieselbe Weise gemessen, wie in der genannten Schrift beschrieben ist.

Der Cylinder endlich wurde mit derselben electromagnetischen Maschine in Bewegung gesetzt, welche auch bei den Geschmacksversuchen zu gleichem Zwecke in Verwendung stand. Du Bois-Reymond[1]) ist mit der Regulation der Umdrehungsgeschwindigkeit derselben nicht zufrieden; auch die Erfahrungen, die wir, und besonders jetzt gemacht haben, wo der Motor manchmal durch 4 Stunden in Thätigkeit bleiben musste, sprechen diesem Apparate nicht sehr zu Gunsten. Man hat nämlich keineswegs die volle Garantie, dass die Geschwindigkeit sich wirklich durch lange Zeit vollkommen gleichhalte. Wenn wir auch absehen von jenen Unregelmässigkeiten, die nicht selten vor und nach einer Gruppe von auf einanderfolgenden Beobachtungen zur Wahrnehmung kommen, so findet man nicht selten, dass wenn der Motor einige Zeit still stand, und er dann in Bewegung gesetzt wurde, sich seine Geschwindigkeit geändert hat, obwohl in der Zwischenzeit beide Batterien vollkommen offen waren. Es ist wohl wahr, dass man diese Aenderung der Geschwindigkeit von einer Aenderung der Elemente (grosse Daniel) ableiten kann; doch kann diese Ursache nicht die einzige und nicht die wichtigste sein, da anderseits sich die Geschwindigkeit des Motors, obwohl die Batterien lange Zeit hindurch geschlossen oder offen blieben, doch nicht geändert hatte.

Die Erfahrung, dass der Motor nicht vollkommen verlässlich ist, wurde schon bei den Versuchen über den Geschmackssinn gemacht, so dass damals die Umdrehungsgeschwindigkeit des Cylinders nicht blos im Beginne und am Ende einer Beobachtungsreihe, sondern auch in deren Verlaufe einigemal bestimmt wurde. Diese Methode, so zeitraubend sie ist, hat sich sowohl damals als auch jetzt bewährt. Wir wollen sie hier etwas näher schildern um die Verlässlichkeit der sowohl bei den früheren als auch bei den jetzigen Versuchen erhaltenen Zahlen zu beweisen.

1) Ges. Schriften, Bd. II, p. 452.

Digitized by Google

Die Axe des Cylinders trägt eine Scheibe, deren Durchmesser etwas grösser ist, als jener des Cylinders, und welche bestimmt ist, die vom Motor kommende Transmissionsschnur aufzunehmen. An zwei sich gegenüberliegenden Punkten sind an beiden Flächen der Scheibe zwei grosse Marken angebracht, die als Fixirungspunkte bei der Bestimmung der Geschwindigkeit dienen. Wir haben es nämlich bei der Bestimmung der Drehungsgeschwindigkeit des Cylinders vortheilhafter gefunden die Umdrehungen des Cylinders selbst zu zählen und nicht jene der Schnur, weil dadurch die Fehler in Folge des Schleifens derselben vermieden werden. Die Umdrehungen des Cylinders lassen sich aber nur dann mit Genauigkeit zählen, wenn ihre Zahl 32 Umdrehungen in 15 Sec. nicht übersteigt. Im Arbeitszimmer befindet sich ein Pendel, das genau 60 Schwingungen in der Minute ausführt und das auch von Zeit zu Zeit näher geprüft wurde.

Wie bei den Geschmacksversuchen, so waren auch jetzt bei den Versuchen immer 3 Individuen beschäftigt, denen bei der Bestimmung der Umdrehungsgeschwindigkeit stets dieselbe Aufgabe zufiel. Eines hatte das Secundenpendel zu beobachten und das Signal für Beginn und Ende des Zählens der Cylinderumdrehungen zu geben, die beiden Anderen fixirten die Marken, um bei dem ersten verabredeten Signale mit der Zählung der Umdrehungen anzufangen und aufzuhören, sobald sie das zweite Signal hörten. Diese beiden Individuen controlirten sich also gegenseitig, auch war es, wenn die Geschwindigkeit nicht über 30 — 32 Drehungen in 15 Sec. stieg, ausserdem möglich, sogar $^1/_4$ der Drehung zu bestimmen. Die Zählung wurde immer 2 — 3 mal vorgenommen und nur wenn der Unterschied nicht grösser war als $^1/_4$ — $^1/_2$ Drehung in 15 Sec. die Beobachtungsgruppe ausgeführt[1]). Am Ende derselben wurde neuerdings noch ein oder zweimal gezählt und in den meisten Fällen dieselbe Geschwindigkeit erhalten, wie vorher.

1) Der Klarheit wegen haben wir folgende Bezeichnungen eingeführt: jede einzelne Bestimmung der Reactionszeit nennen wir: „Beobachtung", jene Partie Beobachtungen, welche rasch nach einander folgend zwischen zwei Bestimmungen der Cylindergeschwindigkeit gemacht wurden, nennen wir „Beobachtungsgruppe"; alle auf einem Cylinder verzeichneten Beobachtungen zusammen „Beobachtungsreihe". Unter „Versuch" dagegen verstehen wir den Inbegriff sämmtlicher einem Tage angehörigen Beobachtungsreihen.

Digitized by Google

In jenen Fällen, in welchen der Unterschied $^1/_4$ — 1 Drehung im Vergleiche zur vorhergegangenen Zählung betrug, wurde die Beobachtungsgruppe benutzt und das arithmetische Mittel zwischen Anfangs- und Endgeschwindigkeit angenommen, da in diesem Falle der Fehler bei der Berechnung erst in der 4. oder höchstens in der 3. Dezimalstelle sich fühlbar macht, wie aus folgender Deduction hervorgeht.

Die Papierlänge beträgt durchschnittlich 5000 mm. Bei einer anfänglichen Umdrehungsgeschwindigkeit von 30 Drehungen in 15 Sec. entsprechen 100 mm. genau 0,1000 Sec.; wäre jene am Ende der Beobachtungsgruppe auf 29 Drehungen in 15 Sec. gesunken, so würden 100 mm. einem Zeitraum von 0,1030 Sec. entsprechen; der Fehler wäre somit in diesem Falle 0,003 Sec. Da wir aber für die Berechnung einer Beobachtungsgruppe das arithmetische Mittel der Umdrehungsgeschwindigkeit, die vor und nach der Beobachtungsgruppe sich ergeben hatte, genommen haben, so wäre für 100 mm. Linienlänge der Fehler $\pm$ 0,0015 Sec. Man sieht somit, dass in diesem Falle der den Apparaten entstammende Fehler noch innerhalb jener Grenzen fällt, welche die Versuche selbst bedingen.

Wenn wir statt 100 mm. dagegen 200 mm. messen, so würde der Fehler unter den angegebenen Umständen $\pm$ 0,0030 Sec. betragen. Da aber die Länge der Linie, die der Reactionszeit entspricht, im Allgemeinen zwischen 100 — 200 mm. bei der angegebenen Umdrehungsgeschwindigkeit des Cylinders schwankt, so bewegt sich auch der Fehler, wenn in der Geschwindigkeit vor und nach einer Beobachtungsgruppe sich ein Unterschied von einer Drehung ergiebt zwischen 0,0015 und 0,0030 Sec., eine Schwankung die selbstverständlich noch kleiner ausfällt, wenn der Unterschied noch weniger als eine ganze Umdrehung beträgt.

Schon diese Betrachtung zeigt uns, dass der Motor nicht ganz verlässlich ist, überdiess ist man nicht vollends sicher, ob wirklich während einer Beobachtungsgruppe, die gewöhnlich 2—4 Minuten in Anspruch nimmt, die Geschwindigkeit sich ganz gleich geblieben ist, denn wenn man auch vor und nach der Beobachtungsgruppe dieselbe Umdrehungsgeschwindigkeit findet, so geniesst man doch nicht die volle Garantie, dass sie auch während dieser Zeit gleich geblieben ist.

Helmholtz sagt allerdings, dass er durch diese electromag-

Digitized by Google

netische Maschine einer Sirene Töne entlockte, die während eines gewissen Zeitraums vollkommen gleich hoch blieben, womit natürlich die gleichförmige Bewegung erwiesen ist; in der That können wohl grosse Unterschiede auch bei unseren Versuchen unbemerkt nicht leicht vorkommen, weil diesfalls (nämlich über 2 Umdrehungen in 15 Sec.) die Unregelmässigkeit an dem Takt der Maschine und an der Bewegung der Scheibe sich bemerkbar macht und vom dritten Assistenten alsbald kund gegeben wird. Weitere Beruhigung vermag auch die Erwägung zu bieten, dass der Cylinder vollkommen aequilibrirt und sehr leicht drehbar ist, dabei hat er ein grosses Gewicht und somit eine verhältnissmässig grosse Schwungkraft, mit der er sich, einmal in Bewegung gesetzt, leichter weiter dreht.

Eine Unverlässlichkeit des Apparates liegt aber auch darin, dass, wie es sich einige Mal ereignete, der Motor plötzlich still stand ohne irgend einen Grund dazu auffinden zu lassen.

Was die Regulirung der Geschwindigkeit anbelangt, so kann eine Veränderung nicht blos durch An- oder Abspannen der Feder erzielt werden, sondern auch, wie bereits Du Bois bemerkt, je nachdem im Umschalter mehr oder weniger Quecksilber enthalten ist, oder endlich, wie wir beobachten konnten, je nachdem die Axe des Umschalters sich mit jener der feststehenden Magnete parallel befindet oder mit ihr einen kleineren oder grösseren Winkel bildet, wobei nämlich einerseits die Umkehrung des Stromes für die rotirenden Magnete in jenem Moment stattfindet, in welchem sie mit den fixen in einer geraden Linie liegen oder anderseits wenn die Axen der verschiedenen Magnete mit einander einen kleineren oder grösseren Winkel bilden.

Wir müssen aber auch sagen, dass wenn es gelang ein richtiges Verhältniss zwischen den beiden Strömen ausfindig zu machen, der Feder eine richtige Spannung zu verleihen und dem mit der gehörigen Quantität Quecksilbers gefüllten Umschalter eine passende Stellung zu geben, es auch möglich war eine Geschwindigkeit zu erhalten, welche vor und nach einer Beobachtungsgruppe, ja sogar vor und nach einer Beobachtungsreihe sich nicht änderte. Da man aber diess niemals im Voraus bestimmen kann, so haben wir die obenerwähnte Vorsicht (die jeweilige Zählung) niemals unterlassen. Was den persönlichen Fehler anlangt, der sich an das Signalgeben sowie an die Fixirung der Marke bei der Zählung der Cylinder-

Digitized by Google

geschwindigkeit knüpfen kann, so fällt sein Einfluss vollends zusammen mit jenem, der aus dem Unterschiede in der Umdrehungsgeschwindigkeit vor und nach einer Beobachtungsgruppe resultirt.

Wir können diese Bemerkungen nicht schliessen ohne auch der folgenden Erscheinung Erwähnung zu thun: Bei den Versuchen, die wir theils mit Berührung der Haut durch den Pinsel, theils mit der electrischen Reizung der Haut vorgenommen haben, fiel uns auf, dass selbst in jenen Beobachtungsreihen, in welchen der Motor für die ganze Beobachtungszeit die gleiche Umdrehungsgeschwindigkeit innehielt, dennoch die physiologische Reactionszeit auch bei ausschliesslicher Betrachtung jener Beobachtungen, welche vom Beobachteten als gut bezeichnet wurden, immer noch eine gewisse Schwankung sich erhält, die in den meisten Reihen im Mittel 0,04 Sec. beträgt; sie kann etwas höher oder auch etwas niedriger sein, fiel jedoch unter normalen Verhältnissen selten tiefer als 0,03 Sec. bei der Berührung der Haut mit dem Pinsel (siehe die 6. Columne der Tabellen 1 und 2).

Wir glauben, dass mit den jetzt in Anwendung befindlichen chronographischen Methoden die untere Grenze von 0,03 nur selten erreicht wird, und dass diese Schwankung nicht so sehr von den angewendeten Apparaten, sondern wirklich von anderen dem Nervensystem des Beobachteten anhaftenden, nicht leicht zu ermittelnden oder gar zu eliminirenden Ursachen abhängig sei.

Wir beziehen uns hier natürlich nur auf jene Beobachtungen, welche innerhalb einer sehr kurzen Zeit, nämlich innerhalb 10—15 Minuten oder auch innerhalb einer noch kürzeren Frist gemacht werden; wir hegen nämlich die Meinung und wollen sie später ausführlicher begründen, dass die physiologische Reactionszeit bei einem und demselben Individuum nicht blos an verschiedenen Tagen, sondern auch im Verlaufe ein und desselben Tages manichfache Aenderungen erfahren könne. Wir wollen diess hier besonders hervorheben in Hinsicht auf die anderweitigen Fehlerquellen; denn wenn wir uns auch denken, dass alle die Fehler, die sich möglicher Weise beim Versuche einschleichen können und zwar beim Signalgeben, beim Zählen der Cylinderumdrehungen, ferner jene, welche in dem Umstande begründet sind, dass die Cylindergeschwindigkeit vor und nach einer Beobachtungsgruppe um eine Drehung in 15 Sec. sich ändern kann, endlich diejenigen, welche bei der Messung der Linie vorfallen: dass alle diese Fehler in

Digitized by Google

gleichem Sinne ausfallen, so dürfte ihre Summe doch schwerlich 0,03 Sec. erreichen.

Wir wollen trachten, dies durch Zahlen darzuthun. Wie wir oben p. 322 gesehen, beträgt der Fehler in Folge der etwa ungleichmässigen Cylindergeschwindigkeit bei den angenommenen Bedingungen höchstens 0,003 Sec. Der Fehler bei der Linienausmessung kann höchstens 1,0 mm ausmachen, also in Zeit ausgedrückt 0,001 Sec.; jene Fehler aber, die in der Zählungsmethode beim Signalgeben und beim Fixiren der Marke aus dem persönlichen Fehler erwachsen, decken sich mit demjenigen, welcher in der Differenz zwischen den Umdrehungsgeschwindigkeiten vor und nach einer Beobachtungsgruppe enthalten ist. So resultirt aus den Apparaten selbst und der Methode ein Fehler, der im höchsten Falle nur 0,004 Sec. beträgt, also weit unter jenem bleibt, wie er bei der Ermittlung der Reactionszeit aus inneren Ursachen erfliesst.

Um nun auch den letzteren thunlichst herabzudrücken, begnügten wir uns nicht mit 2 oder 3 Bestimmungen allein, es bestanden vielmehr die 2 ersten Beobachtungsgruppen einer Reihe durchschnittlich aus 8 Einzelbeobachtungen, die in dem kurzen Zeitraum von 2—3 Minuten gemacht wurden, nur die letzte Beobachtungsgruppe einer Beobachtungsreihe bestand für gewöhnlich nur aus 4 Beobachtungen, da die Grössenverhältnisse der Apparate eine weitere Ausdehnung am Ende der Reihe nicht gestattete. Wir haben nun aus jeder Beobachtungsgruppe den Mittelwerth berechnet; diese einzelnen Mittelwerthe der Gruppen bieten eine ungefähre Vorstellung über die Veränderung der physiologischen Reactionszeit innerhalb einer Beobachtungsreihe, welche gewöhnlich 10—15 Minuten in Anspruch nahm. Ferner bestimmten wir das Mittel aus den einzelnen Beobachtungen einer Reihe (also aus durchschnittlich 20 Einzelnbeobachtungen) und erhielten somit ein etwas richtigeres Mittel für die physiologische Reactionszeit innerhalb 10—15 Minuten, entsprechend der Dauer einer Beobachtungsreihe. Da uns aber auch 20 Einzelbeobachtungen noch zu wenig dünkten für die Gewinnung eines Mittels, das geeignet ist als Ausgangspunkt zu dienen, so haben wir noch eine zweite ähnliche Beobachtungsreihe vorgenommen, auch von dieser die Mittelwerthe der 3 Gruppen und jenen der ganzen Reihe berechnet und verfügten somit jetzt über ein zweites Mittel aus neuen 20 Einzelbeob-

Digitized by Google

achtungen, welches mit den früher gewonnenen verglichen werden konnte.

Das Mittel aus diesen 40 Einzelbeobachtungen konnte nun wohl benutzt werden, um als Ausgangspunkt zu dienen für die Erforschung der Veränderungen, wie sie durch einverleibte Substanzen in der Dauer der physiologischen Reactionszeit bedungen sind, umsomehr, als wir uns auch nach der erfolgten Einverleibung nicht mit einer einzigen Beobachtungsreihe begnügten; die Zahl derselben betrug manchmal sogar acht, so dass ein klares Bild vom Gange der physiologischen Reactionszeit gewonnen werden konnte, weil das Mittel einer Beobachtungsreihe als Vergleichungsglied für die vorhergehenden und nachfolgenden zu dienen vermochte. Nicht bei allen Versuchen ist dieser Plan in der beschriebenen Vollständigkeit eingehalten, wir bedauern nämlich, erst im Verlaufe dieser Untersuchung zur Einsicht gelangt zu sein, dass bei einem Individuum die physiologische Reactionszeit an den verschiedenen Tagen in Folge psychischer, physiologischer und cosmischer Einflüsse etwas verschieden sein kann.

Mit Beginn der Versuche kannten wir wohl Schwankungen in der Reactionszeit, welche sich aus dem Vergleiche der Mittelwerthe verschiedener Tage ergeben, wir wussten, dass einige Mittel sogar von den übrigen sehr wesentlich abweichen, hofften jedoch, durch Einverleibung der verschiedenen Substanzen die Reactionszeit in so hohem Grade alteriren zu können, dass der resultirende Mittelwerth von den gewöhnlichen Mitteln auffallend verschieden sei, und eine Vorbestimmung überflüssig erscheine. Bei den ersten Versuchen schon hat uns aber die Erfahrung das Gegentheil gezeigt, und es wurde auf Grund dessen in den weiteren Versuchen niemals die Vorsicht unterlassen, vor der Einverleibung der Substanzen die jeweilige Reactionszeit zu bestimmen.

Bedeutung einiger Einflüsse auf die physiologische Reactionszeit.

Vorbemerkungen.

Wie bereits einleitend erwähnt wurde, haben wir im Verlaufe dieser Studien eine Reihe von Beobachtungen gemacht, welche zur Ueberzeugung führten, dass auf die physiologische Reactionszeit verschiedene Einflüsse sich geltend machen, die allerdings einer

Digitized by Google

genaueren Durchforschung bedürfen, die aber bereits jetzt, da wir von ihrer Existenz Kenntniss genommen, auch in entsprechender Weise Berücksichtigung erfordern.

Es liegt demnach in der Sache selbst, wenn wir vor der Mittheilung jener Versuche, welche der Ueberschrift entsprechen, erst der Erscheinungen gedenken, die bei allen derartigen Studien stets im Auge behalten werden müssen, insofern als sie auf die Ergebnisse der Versuche selbst modificirend einzuwirken im Stande sind. Theils durch die Vornahme der Versuche, die im Dienste des an die Spitze gestellten ‚Problems angestellt wurden, theils durch Versuche, die einer von uns im Interesse anderer Fragen vorgenommen hatte, verfügen wir über eine grosse Anzahl von einzelnen Beobachtungen über die physiologische Reactionszeit einer Tastempfindung bei der Berührung der dritten Phalanx des Mittelfingers der rechten Hand an der Volarseite.

Diese einzelnen Beobachtungen sind zu verschiedenen Zeiten an verschiedenen Tagen vorgenommen worden und durchaus geeignet für die Gewinnung eines Gesammtmittelwerthes, mit welchem alle übrigen Mitlelwerthe verglichen werden können. Da wir für jeden von uns gegenwärtig über beinahe 400 ganz verlässliche Einzelbeobachtungen verfügen, so glauben wir, dass ein daraus erhaltener Mittelwerth sich kaum von der Richtigkeit entfernen dürfte, und nennen dieses so gewonnene Mittel kurzweg „Normalmittel", verwenden dagegen das Wort „Gesammtmittel" für dasjenige, welches sich aus allen Beobachtungen ohne Ausnahme ergiebt. Sowohl Normalmittel als Gesammtmittel können benutzt werden, um zu erfahren, ob auch unter gewöhnlichen Verhältnissen Einflüsse vorhanden sind, welche die Grösse der Reactionszeit eines Individuums ändern.

Aus der folgenden Darstellung wird sich ergeben, dass wahrscheinlicherweise eine ganze Reihe von Einflüssen besteht, welche auf die Grösse der Reactionszeit einzuwirken im Stande sind: den sicheren Beweis werden allerdings erst künftige Versuche erbringen müssen.

Alles was wir darüber sagen, soll lediglich nur zeigen, dass sich in dieser Richtung ein Forschungsfeld eröffnen kann, welches richtig und mit Geduld bebaut uns seinerzeit Auskunft zu geben vermag über alltägliche, gewöhnliche, empirische Erfahrungen, für welche der Sprachgebrauch wohl Ausdrücke erfunden hat, für

Digitized by Google

deren Beurtheilung jedoch bis jetzt eine strenge wissenschaftliche Grundlage nicht vorhanden ist.

Wir haben in der angedeuteten Richtung keine ausführlichen Versuche vorgenommen und uns blos mit dieser Andeutung begnügt, weil wir uns damit doch, wie oben erwähnt, von der eigentlichen Aufgabe zu weit entfernt hätten.

Alle die Erfahrungen, die wir in der angegebenen Richtung gewonnen haben, sind in den Tabellen I und II gesammelt. In diesen beiden Tabellen findet man die Mittelwerthe der einzelnen Beobachtungsreihen zusammengestellt. Die Tabellen sind folgendermassen entworfen:

Die erste Columne enthält das Datum der Beobachtungsreihe, in der zweiten ist die Gesammtzahl der Beobachtungen einer Reihe notirt, in der dritten der Mittelwerth aus allen Beobachtungen einer Reihe ohne Ausnahme, in der vierten findet man die Zahl jener Beobachtungen einer Reihe, welche als tadellos zu bezeichnen sind, somit nach Auslassung der Beobachtungen, die sicher falsch waren, indem der Beobachtete erklärte zu früh oder zu spät geöffnet zu haben, und weiter nach Auslassung jener, die durch ihre abnorme Grösse oder Kleinheit ein Vertrauen nicht verdienten; in der fünften der Mittelwerth aus den guten Beobachtungen, in der sechsten haben wir die höchste und niedrigste Reactionszeit der guten Beobachtungen und den Unterschied zwischen beiden angeführt, in der siebenten endlich einige Anmerkungen beigefügt, die zur Beurtheilung der erhaltenen Mittel von Bedeutung sein mochten.

Es sei nun noch folgende Bemerkung hier eingeschaltet: Wir wissen wohl, dass es im Allgemeinen ungerechtfertigt ist, aus einer Reihe von Beobachtungen einzelne willkürlich darum auszulassen, weil sie mit der Mehrzahl nicht übereinstimmen; nun kann allerdings bei Versuchen über die Reactionszeit der Beobachtete in vielen Fällen angeben, ob er präcise oder schlecht reagirt hat, wenn man aber eine grosse Anzahl derartiger Beobachtungen macht, wird man bald die Ueberzeugung gewinnen, dass in einigen Fällen, in denen der Beobachtete angiebt, schlecht reagirt zu haben, doch die entsprechende Reactionszeit einen die Norm nicht übersteigenden Werth aufweist; es kann aber auch der entgegengesetzte Fall eintreten, wo der Beobachtete angiebt, gut reagirt zu haben, während die zugehörige Reactionszeit von den übrigen in einer solchen Weise abweicht, dass man an irgend einen Fehler denken muss. Um

Digitized by Google

also der Willkürlichkeit bei der Sichtung der Beobachtungen eine gewisse Grenze zu setzen, so haben wir blos jene Beobachtungen ausgeschieden, welche eine bestimmte Grenze, die natürlich für jede Reihe, ja sogar für jede Gruppe veränderlich war, überschritten haben. Diese Grenze erkennt man für jede Beobachtungsreihe aus den Zahlen der sechsten Columne. Dies vorausgeschickt wollen wir zuerst die an Dietl erhaltenen Resultate näher betrachten.

Dietl.

Aus der ersten Columne der Tab. I wird ersichtlich, dass unsere Beobachtungen in 4 aufeinanderfolgenden Jahren in verschiedenen Jahreszeiten und Monaten vorgenommen wurden. Die 6 ersten Beobachtungsreihen, die bereits veröffentlicht worden sind [1]), waren lediglich zu dem Zwecke angestellt, um die Reactionszeit für die Berührung der Volarseite des Mittelfingers der rechten Hand bei verschiedenen Individuen zu bestimmen, die nächsten 2 Beobachtungsreihen kamen dazu, als einer von uns die Ausführung einer besonderen Untersuchung begonnen hatte, die aber bis jetzt noch nicht zum Abschlusse gelangt ist, alle übrigen endlich wurden bei der Verfolgung der in dieser Schrift gestellten Frage gewonnen. Die meisten Beobachtungsreihen, welche die Tab. I enthält, sind Nachmittags angestellt; zu welcher Tageszeit die in den Jahren 1874 und 1875 gewonnenen Reihen vorgenommen wurden, vermögen wir nicht anzugeben; die erste Beobachtungsreihe am 2. Juli 1877 fiel auf einen Vormittag. Bei der nun folgenden Besprechung der erhaltenen Resultate sind allein die Mittelzahlen berücksichtigt, welche aus den verlässlichen Werthen gewonnen wurden (Columne 5), und die Maxima und Minima wie sie in Columne 6 enthalten sind.

Bei näherer Betrachtung der Zahlen in Columne 5 wird man leicht finden, dass die Schwankungen in diesen verschiedenen Mittelwerthen nicht unerheblich sind, wir begegnen darunter einer Reactionszeit von 0,1191 Sec. und einer anderen, welche dagegen 0,1656 Sec. erreicht, somit einer Schwankung von 0,0465 Sec. [2]).

1) M. v. Vintschgau und J. Hönigschmied. Versuche über die Reactionszeit einer Geschmacksempfindung. II. Theil. Dieses Arch. Bd. XII. p. 102 f.

2) Eine gleich grosse Schwankung findet man bei Betrachtung der Mittelzahlen in Columne 3.

Digitized by Google

Es wird nun nicht schwer sein, mehrere Einflüsse namhaft zu machen, von denen derartige Schwankungen abhängig zu sein scheinen, wobei es nicht überflüssig sein wird zu bemerken, dass das Wohlbefinden D.'s im ganzen Verlaufe dieser Untersuchungen als ein ungestörtes bezeichnet werden kann. Denn jene kleinen Abweichungen, welche im Allgemeinbefinden vorkamen, und deren in den Anmerkungen der Tabellen und Protocolle Erwähnung geschieht, waren immer solcher Art, dass sie noch genau in den Rahmen einer vollkommenen Gesundheit hineinpassten, wie ja eine aufmerksame Beobachtung an sich selbst zeigt, dass kaum ein Tag vergeht, an welchem nicht derartige kleine Veränderungen im allgemeinen Wohlbefinden vorkommen.

I. Es ist gewiss beachtenswerth, dass jene Beobachtungsreihen, welche in den **Wintermonaten** angestellt wurden[1]), zumeist einen niedrigen Mittelwerth, eine kurze Reactionszeit ergaben; sehr deutlich prägt sich diese Erscheinung aus in den Maximis wie auch in den Minimis, welche im Allgemeinen zu den kleinsten gehören, die wir beobachteten; auch bleiben die Mittel für die in den Wintermonaten unternommenen Beobachtungsreihen meistens unterhalb des Normalmittels. (S. p. 340 f.) Aus den ersten 6 Beobachtungsreihen hatte einer von uns früher[2]) als Normalmittel 0,1299 Sec. berechnet, dasselbe ist um 0,0079 Sec. kleiner als das Normalmittel, das wir aus den uns jetzt zur Verfügung stehenden Versuchen, die sämmtlichen Jahreszeiten entsprechen, berechnen, ja auch das Gesammtmittel aus den ersten 6 Beobachtungsreihen (0,1340 Sec.) ist um 0,0096 Sec. geringer, als das Gesammtmittel aus unseren sämmtlichen Versuchen. Wir wollen uns vorläufig noch rückhaltend aussprechen, da auch in den Beobachtungsreihen vom 2. Juli 1877 zwei niedrige Mittelzahlen erscheinen, und in jenen während der Wintermonate anderseits 2 Reihen zu finden sind, deren Mittel, wenngleich nicht sehr hoch, doch über die übrigen sich etwas erheben. Da wir bei Vintschgau für einen ähnlichen Vergleich zwischen den Reactionszeiten in den Winter- und Sommermonaten aus später anzuführenden Gründen kein Material besitzen, so wäre

1) Das Zimmer, welches zur Vornahme der Versuche diente, war nur mässig geheizt.

2) Dies Arch. Bd. XII, pag. 102.

Digitized by Google

uns diese Erscheinung nicht aufgefallen, wenn nicht bei D. in den **Sommermonaten** sich eine prägnante entgegengesetzte Beobachtung dargeboten hätte, es ist jene vom 13. Juni 1877. Es war ein sehr schwüler Sommertag, die meteorologischen Beobachtungen[1]) erwiesen als Maximum der Temperatur 28,0° C., als Minimum 15,0° C., die mittlere Temperatur betrug 21,7° C.; von den Tagen, an denen wir Versuche anstellten, war der 13. Juni 1877 der wärmste gewesen; Windrichtung beinahe den ganzen Tag N.W., nur gegen Abend N.E., der auf 0° C. reducirte Barometerstand betrug im Mittel 708,4 mm. und schwankte zwischen 706,2 und 711,5 mm; die Zimmertemperatur schwankte während des Versuchs zwischen 21,2° und 21,4° C.; endlich sei bemerkt, dass in der Curve Fig. 3 die graphische Darstellung dieses Versuches enthalten ist, derselbe bildet nämlich den Anfang eines Morphium-Versuches, auch sind im Anhange die Protokolle mitgetheilt und Tab. VI enthält die Mittelwerthe der Beobachtungsgruppen und -Reihen.

Die erste Beobachtungsreihe gab eines der höchsten Mittel (0,1656 Sec.), das wir überhaupt an D. beobachtet haben (selbstverständlich nach Ausschluss jener Versuche bei Einverleibung von Substanzen). Auch das Mittel der zweiten Reihe zählt noch immer zu den hohen, es beträgt 0,1483 Sec. Weiter sei noch erwähnt, dass die Maxima der fehlerfreien Beobachtungen in beiden Reihen (0,193, 0,178) unter die höchsten zu zählen sind, die sich bei D. herausstellten, wie auch das für beide zufällig gleiche Minimum (0,128) unter die höheren einzureihen ist.

Da wir keinen anderen Grund für diese so auffallenden Reactionszeiten aufzufinden im Stande sind, so erscheint uns die Annahme gerechtfertigt, dass eben in der Schwüle jenes Tages die vorzüglichste Ursache dieser Erscheinung gelegen sei, umsomehr als die Beobachtungsreihen vom 25. Juni 1877, an welchem Tage die Temperatur eine niedrige war, wieder Mittelwerthe ergaben (0,1358, 0,1359), die kaum von dem Normalmittel sich unterscheiden, und etwas kleiner sind als das Gesammtmittel. Am 25. Juni 1877 betrug die mittlere Temperatur 16,7° C., das Maximum nur 20,0° C.; die Zimmertemperatur betrug 21,0° C. Gegen unsere Anschauung würden sprechen die Beobachtungsreihen vom 25. Mai

1) Dieselben sind am hiesigen Garnisonsspitale vorgenommen worden. Mittl. Barometerst. für Innsbruck 710 mm. (575 Met. Meereshöhe.)

Digitized by Google

1877 (mittl. Temp. 11,5° C., Max. 17,0° C.), welche ziemlich hohe Werthe lieferten; dann die 2 nachmittägigen Beobachtungsreihen vom 2. Juli 1877 (mittl. Temp. 20,6° C., Max. 26,5° C.), die dagegen niedrige Mittelwerthe erscheinen liessen und endlich die beiden Beobachtungsreihen vom 19. Juli 1877 (mittl. Temp. 13,8° C., Max. 15,0° C.), von denen die erstere ein Mittel ergab (0,1489 Sec.), das sich höher stellt als das Normalmittel, während bereits jenes der zweiten Reihe (0,1376 Sec.) mit dem letzteren vollkommen übereinstimmt.

Es ist jedoch zu bedenken, dass es bei so complicirten Verhältnissen, wie sie hier vorliegen, ungemein schwer ist, die verschiedenen Ursachen, die für die Reactionszeit von Bedeutung werden können, strenge von einander zu sondern, und dass diess nur in jenen Fällen geschehen kann, wenn es gelingt, einen bestimmten Einfluss derart zu steigern, dass die störende oder modifizirende Wirkung aller übrigen vollkommen oder fast vollkommen aufgehoben wird.

Nur methodische Beobachtungen unter strenger Berücksichtigung aller Umstände und bei Ausdehnung der Beobachtung auf mehrere Individuen dürften uns vielleicht später einen Einblick in die Verhältnisse gestatten, die gegenwärtig mehr geahnt als bewiesen werden können.

Wir begnügen uns, die Aufmerksamkeit der Forscher auf den eben behandelten Gegenstand gelenkt zu haben, und schliessen diese Bemerkungen mit dem Hinweis auf die alltägliche Erfahrung, gemäss der man im Winter und überhaupt bei kühlerer Witterung zu geistiger Arbeit mehr aufgelegt ist, als an schwülen Sommertagen.

II. Wir haben nun eine Erscheinung zu besprechen, deren bis jetzt, soweit es uns bekannt ist, von keinem Forscher Erwähnung geschah.

Es ist allgemein bekannt, dass, wenn die Aufmerksamkeit bei Anstellung von Beobachtungen über die physiologische Reactionszeit nicht eine ungetheilte ist, die letzteren länger ausfallen, wie auch die einzelnen Beobachtungen minder mit einander übereinstimmen; unbekannt dagegen ist es, dass **psychische Affekte** die Reactionszeit auf Stunden, ja auf Tage hinaus zu verlängern vermögen. Der Beweis für diese Behauptung soll aus zweien unserer Versuche erbracht werden; es ist diese Zahl allerdings

Digitized by Google

nicht gross, nachdem aber die gleiche Erscheinung sowohl bei D. wie auch bei V. in auffallender Weise sich kundgab, so erhält sie dadurch einen Anspruch auf volle Beachtung.

Wir wollen an dieser Stelle blos den Versuch an D. besprechen; derselbe fällt am 9. Mai 1877. Wir hatten dazumal keine Ahnung von dem Einflusse psychischer Affekte und es lag nur in unserer Absicht, blos den Einfluss der Ermüdung im Verlaufe derartiger Versuche, und den der Uebung bei fortgesetzten Beobachtungen zu studiren. In Tab. III findet man die hauptsächlichsten Resultate dieses Versuches zusammengestellt. Derselbe währte über 2 Stunden, zwischen den einzelnen Beobachtungsreihen waren kürzere oder längere Pausen eingeschaltet, während welcher sich D. mit kleinen unbedeutenden Dingen beschäftigte.

Die Mittel der einzelnen Beobachtungsreihen und fast alle Mittel der Beobachtungsgruppen sind nicht blos höher als das Normalmittel, sondern sogar höher als das Gesammtmittel. Die niedrigeren Mittel, die aus den Beobachtungsgruppen manchmal hervorgehen, sind so selten (2 mal), dass man denselben kaum einen Werth beilegen kann.

Es ist einleuchtend, dass auch das Mittel aus allen 4 Beobachtungsreihen sehr hoch ausfallen muss, es beträgt 0,1533 Sec., also um ein Beträchtliches mehr als das Normalmittel D.'s. Es drängt sich nun die Frage auf, warum an jenem Tage bei D. solch' hohe Reactionszeiten erzielt wurden.

D. gab an, dass dem Versuche ein psychischer Affekt vorausging, das physische Wohlbefinden dagegen war ungestört; die meteorologischen Verhältnisse boten an jenem Tage auch nichts Besonderes dar (mittl. Temp. 11,1° C., Max. 16,5° C., mittl. Luftdruck 702,1 mm).

Da es uns nun nicht möglich ist, eine andere Ursache zu finden, so werden wir zu der Behauptung gedrängt, dass der vorausgegangene psychische Affekt die Veranlassung zu solch' langen Reactionszeiten abgegeben habe. Bedenkt man, dass nach psychischen Emotionen ein grösserer Aufwand von Willenskraft nothwendig ist, um geistig zu arbeiten, so wird es nicht befremden, nach solchen Emotionen, besonders wenn dieselben deprimirender Natur sind, die Reactionszeiten verlängert zu finden.

Man könnte vielleicht vermuthen, es sei in Folge des psychischen Affekts die Aufmerksamkeit nicht eine ungetheilte gewesen;

Digitized by Google

dass dem jedoch nicht so ist, erhellt daraus, dass die Zahl der Beobachtungen, welche ausgeschlossen werden mussten, nicht erheblich war (von 95 nur 11), auch überstiegen die Schwankungen der Beobachtungen in den einzelnen Gruppen die gewöhnlich vorkommenden durchaus nicht, wie dies aus der Col. 10 Tab. III und dem Vergleich mit Col. 6 Tab. I hervorgeht.

III. Die Beobachtungsreihen, deren Mittelwerthe in Tab. I enthalten sind, gestatten uns noch eine andere Frage näher zu untersuchen, die Frage nämlich, welchen Einfluss die **Uebung** auf die Dauer der Reactionszeit ausübe, und inwieweit die **Ermüdung** bei der Anstellung der Versuche, oder eine vorausgegangene geistige Anstrengung im Stande ist, die normale Reactionszeit zu ändern. Die beiden ersten Fragen lassen sich nur theilweise von einander trennen.

Bevor wir unsere eigenen Beobachtungen besprechen, dürfte es vortheilhaft sein, zu erwähnen, was S. Exner, der einzige, der bis jetzt auf diesen Punkt seine Aufmerksamkeit gerichtet hat, darüber berichtet.

Pag. 615 [1]) sagt Exner, „dass die Uebereinstimmung der Resultate nach einiger Uebung bedeutend grösser wird."

Pag. 626 finden wir folgende Angabe: „Die Reactionszeit nimmt ab mit zunehmender Uebung." Um diesen Ausspruch zu beweisen, zieht er jene Tabellen an, in denen die ersten mit einem Individuum vorgenommenen Versuche verzeichnet sind, oder welche neuen Versuchsanordnungen entnommen sind. Das Auffallendste, was S. Exner über den Einfluss der Uebung auf die Reactionszeit kennen lernte, ist das diesbezügliche Verhalten eines Greises, den er im Verlaufe von mehr als einem halben Jahre zu Reactionsversuchen verwendete.

Nach den von S. Exner zusammengestellten Zahlen hätte sich für die electrische Reizung der Hand die Reactionszeit jenes Greises durch die Uebung im Laufe der Zeit um nicht weniger als 0,8086 Sec. verringert.

Zur Bekräftigung seines Ausspruches führt S. Exner auch die Behauptung Wolf's und anderer Astronomen an, dass der persönliche Fehler, den sie bei etwas anders gearteten Experi-

---

1) Siehe oben Seite 816 Note 2.

Digitized by Google

menten fanden, durch häufige Uebung an einem Apparate auf ein Minimum reduzirt werden könne. Noch ausführlicher bespricht S. Exner den Einfluss der Uebung auf pag. 638: „Die Reactionszeit nimmt ab bei wachsender Intensität des Reizes und in Folge von Uebung — . . .

„Wir haben gesehen, welch grossen Einfluss letztere auf die Reactionszeit jenes alten Mannes hat. Sie bewirkte, dass die reducirte Reactionszeit von linker zu rechter Hand, welche in den ersten Versuchen 0,9426 Sec. betrug, im Laufe mehrerer Monate auf 0,1340 Sec. herabsank. Dabei macht man, wenn man die Tabellen durchsieht, die sonderbare Wahrnehmung, dass die Abnahme der Reactionszeiten nicht eine continuirliche von Versuch zu Versuch ersichtliche ist, sondern dass sie in Sprüngen geschieht und dass diese Sprünge in die Pausen zwischen die Versuchsreihen fallen. Der alte Mann lernte also schneller reagiren im Laufe der Tage, an welchen er gar keine Versuche machte. Dies Verhalten ist viel zu auffällig um für Zufall gehalten zu werden. Uebrigens scheint es mir, als böte das tägliche Leben Erfahrungen, nach welchen bei körperlichen Uebungen Aehnliches stattfindet."

Bezüglich der Ermüdung finden wir in S. Exners Arbeit pag. 627 Folgendes:

„Einen der Uebung entgegengesetzten Einfluss auf die Grösse der Reactionszeit hat die Ermüdung. Doch sind die Erscheinungen hier bei weitem nicht so auffallend; es lässt sich eben nur constatiren, dass im Laufe einer anstrengenden Versuchsreihe die letzten Resultate gewöhnlich grössere Zahlen darstellen, als die Anfangs gefundenen. Als Beispiel für das Wachsen der Reactionszeit zu Ende eines Versuchs kann Taf. III v. 27./12. 72 dienen. Dieselbe wurde in sehr ermüdetem Zustand gezeichnet. Die mit „gut" bezeichneten Zahlen werden gegen das Ende allmählich grösser. Aehnliches wird man in anderen Tabellen wiederfinden."

Wenn wir nun auf unsere eigenen Versuche zurückkommen, so müssen wir vorerst bemerken, dass gerade das Studium des Einflusses, welchen etwa die Uebung und die Ermüdung nehmen kann, speciell für uns von der grössten Bedeutung ist, da wir uns nicht mit einer geringen Anzahl von Beobachtungen an einem Individuum begnügen konnten, sondern häufig im Verlaufe von mehreren Stunden 150—240 Einzelnbeobachtungen gemacht haben; ausserdem ist zu erwähnen, dass es für den Fall, als sich nach

Digitized by Google

Einverleibung von Substanzen eine Verlängerung oder Verkürzung der Reactionszeit ergeben sollte, auch erwünscht war, zu erfahren, ob im ersten Falle die Ermüdung zur Verlängerung, im zweiten aber die Uebung zur Verkürzung beigetragen habe, oder endlich, ob beide Einflüsse gegenseitig auf einander so wirken, dass eine merkliche Aenderung nicht wahrnehmbar ist.

Sollte aber ein Einfluss den andern überwiegen, so wäre die Beweiskraft der Versuche mit Substanzen, welche voraussichtlich die Reactionszeit verlängern, grösser, wenn die Bedeutung der Uebung erheblicher ist, als jene der Ermüdung: gleichermassen mit Substanzen, welche die Reactionszeit voraussichtlich verkürzen, wenn die Bedeutung der Ermüdung jene der Uebung überwiegt; es geht zugleich daraus hervor, unter welchen Verhältnissen die Beweiskraft verliert.

Bezüglich des Einflusses der Uebung müssen wir 3 Fälle unterscheiden.

1. Erstens jenen, in welchem man mit einem Individuum, das noch nie zu ähnlichen Versuchen verwendet wurde, beginnt, derartige Versuche über die Reactionszeit vorzunehmen. Dieser Fall hat für die vorliegenden Versuche keine Bedeutung, weil wir es mit bereits eingeschulten Personen zu thun hatten; übrigens haben die zahlreichen Versuche, die einer von uns an verschiedenen Individuen vornahm, gezeigt, dass die ersten Beobachtungen in den meisten Fällen ziemlich lang ausfallen; es wird sich später Gelegenheit bieten, diess mit nummerischen Werthen zu belegen, wenn es überhaupt nach den Auseinandersetzungen Exners nothwendig erscheint.

2. Der zweite Fall ist der, ob die Reactionszeit sich im Verlaufe der Zeit verkürzt. S. Exner nimmt dies an, wie wir gesehen.

Ein Blick auf Tab. I zeigt, dass diess sich bei D. für die Berührung der Haut durchaus nicht bestätigt; es zeigen nicht blos die Mittel der einzelnen Beobachtungsreihen Schwankungen, welche einen Schluss auf eine Steigerung der einmal erworbenen Uebung gar nicht zulassen, sondern es zeigen sich auch die Schwankungen zwischen den einzelnen Beobachtungen durch die Uebung durchaus nicht verringert.

Wir sind also bezüglich der Reactionszeit auf Berührung der Haut genöthigt zu sagen, dass, wenn auch die Uebung im Laufe

Digitized by Google

der Zeit einen Einfluss hätte, was aber aus der Tab. I durchaus nicht hervorgeht, derselbe durch die anderweitigen Einflüsse, welche im täglichen Leben auf die Reactionszeiten einwirken, mehr als aufgewogen wird.

Diese Bemerkung gewinnt an Bedeutung, wenn man erwägt, dass D. seit Ende des Jahres 1873 nicht blos bei jenen Versuchen, welche in dieser Schrift besprochen werden, sondern auch bei sehr vielen über den Geschmackssinn und noch anderen über den Tastsinn, die bis jetzt noch nicht veröffentlicht wurden, als Beobachtungsobject in Verwendung stand. — Sollte aber die Uebung wirklich eine Bedeutung haben, so könnte sie doch, insoweit sie im Laufe der Zeit erreicht wird, die Resultate unserer Versuche nicht beeinflussen, weil wir bei den meisten die Reactionszeit auch vor der Einverleibung der Substanzen geprüft haben, und so in der Lage sind, einen unmittelbaren Vergleich anstellen zu können.

3. Der dritte Fall bezieht sich darauf, ob im Verlaufe einer oder mehrerer Beobachtungsreihen, die sich verhältnissmässig rasch aufeinander folgen, durch die Uebung die Reactionszeit verkürzt wird. Dieser Fall lässt sich aber nicht leicht trennen von der Frage nach einer Veränderung der Reactionszeit in Folge der Ermüdung, es kommen nämlich alle jene Möglichkeiten ins Spiel, von denen oben die Rede gewesen.

Um diese Frage der Entscheidung einigermassen näher zu rücken, haben wir die beiden Versuche vom 9. und 25. Mai 1877 vorgenommen.

Der Versuch vom 9. Mai 1877, den wir oben pag. 333 besprochen haben, kann nicht als rein für die Beurtheilung dieser Frage angesehen werden. Es geht aus demselben wohl hervor, dass im Verlaufe dieses Versuchs die Reactionszeit sich verkürzt, von 0,1645 Sec. nach ungefähr 2 Stunden auf 0,1481 Sec. Die Mittel der Beobachtungsreihen bleiben aber immer höher, nicht blos als das Normalmittel, sondern auch als das Gesammtmittel, nur die Werthe zweier Gruppen erreichen das Normalmittel. Die Annahme einer Ermüdung ist schon deswegen unstatthaft, weil sich in den Beobachtungswerthen selbst kein Anhaltspunkt findet, überdies folgten die Beobachtungsreihen dieses Versuchs in Intervallen von 20 Minuten und darüber, so dass mit dem Versuche keinerlei Anstrengung und Veranlassung zur Ermüdung gegeben war. Aber auch ein Einfluss der Uebung kann nicht erwiesen

Digitized by Google

werden, es waren allerdings im Beginne des Versuchs die Reactionszeiten sehr lang, und zwar wie bemerkt in Folge eines Gemüthsaffekts, es kann aber nichts Auffallendes haben, dass auch ohne Uebung die Reactionszeit sich verringert, wenn durch das Interesse an den Versuchen die Wirkung der Gemüthsaufregung theilweise paralysirt wird und eine Beruhigung des Gemüthes Platz greift.

Der zweite Versuch ist jener vom 25. Mai 1877. Im Anhange befindet sich das ausführliche Protokoll dieses Versuchs, auf Tab. IX sind die Mittel der Beobachtungsgruppen und Reihen angeführt und Fig. 6 enthält die entsprechende Curve. Wir finden vom Beginne des Versuchs bis zu Ende der zweiten Beobachtungsreihe ein fortwährendes Anwachsen der Reactionszeit, nämlich von 0,1327 Sec. bis 0,1546 Sec. Das Wachsen ist sehr regelmässig, die Schwankungen in den Beobachtungen der einzelnen Gruppen überschreiten durchaus nicht die gewöhnlich vorkommenden; von 50 Beobachtungen, aus denen die beiden Reihen bestehen, wurde nur eine einzige eliminirt, und zwar weil D. angab, zu spät geöffnet zu haben; auch die atmosphärischen Verhältnisse jenes Tages boten nichts Besonderes dar, so dass der Schluss nahe lag, es sei das Wachsen der Reactionszeit wirklich in der Ermüdung bedingt.

Nach einer Pause von ungefähr $^3/_4$ Stunden wurde eine neue Beobachtungsreihe angestellt, deren Mittel (0,1451 Sec.) sich wohl etwas niedriger stellt als jenes der vorhergehenden. Dieses niedrige Mittel hängt aber ausschliesslich von den Beobachtungen der zweiten Gruppe ab, welche nicht sehr vertrauenswürdig ist, weil aus derselben drei Beobachtungen ausgeschieden werden mussten, die theils durch ihre unverhältnissmässig grossen, theils durch ihre sehr kleinen Zeiten sich als unverlässlich erwiesen.

Nach einer neuen Pause von der Dauer einer halben Stunde wurde die letzte Beobachtungsreihe vorgenommen, deren Mittel 0,1436, also um weniges niedriger als das der vorhergehenden ist; diese Reihe erscheint uns als verlässlich, da mit Ausnahme einer Beobachtung, die eine ungewöhnlich hohe Zahl lieferte, alle übrigen blos eine Schwankung von 0,041 Sec. zeigen, die als eine normale angesehen werden muss.

Nichtsdestoweniger möchten wir nach diesem Versuche doch nicht die Ermüdung als Veranlassung der wachsenden Reactionszeiten beschuldigen und finden uns mehr geneigt, irgend eine andere nicht zu ermittelnde Ursache zu Grunde zu legen. Wir finden

Digitized by Google

uns zu diesem Schlusse gedrängt, weil uns die Erfahrung gezeigt hat, dass sich bei Anstellung der Versuche niemals die subjective Empfindung der Ermüdung einstellt, wenn die Beobachtungen nicht über Gebühr vermehrt werden, und weil wir uns kaum vorstellen können, wie sie sich bei dem gegenwärtigen Versuche so bald und so intensiv geltend zu machen vermag, dass sie schon nach sehr wenigen Beobachtungen bemerkbar wird, und auch nach einer Ruhe von beinahe $^3/_4$ Stunden sich in dem Versuchsresultate zeigen sollte.

Ein Einfluss in Folge der Uebung kann ersichtlichermassen aus diesem Versuche in keinerlei Weise abgeleitet werden.

Aus den beiden eben besprochenen Versuchen sind somit keine sicheren Anhaltspunkte zu gewinnen, um die vorher gestellte Frage irgendwie zu entscheiden.

Was die Ermüdung anlangt, wie sie sich etwa durch geistige Anstrengung einstellt, so dürfte es nicht schwer sein, darüber besondere Versuche vorzunehmen, und wir werden selbst noch Gelegenheit finden, dazu einen kleinen Beitrag zu liefern.

Mit Bezug auf die Versuche selbst setzen wir voraus, dass, wenn man etwa 40 bis 50 Beobachtungen in kurzer Frist ($^1/_2$ Stunde) mit allen Vorsichtsmassregeln anstellt, die Ermüdung keinen nennenswerthen Einfluss üben kann; wir finden uns dadurch in der Lage, aus jenen Versuchen, bei welchen zwei Beobachtungsreihen hinter einander angestellt worden sind, zu ersehen, ob die Uebung im Sinne des dritten Falles die Reactionszeit verkürze.

Wenn wir Tab. I überblicken, so zeigt sich, dass häufig zwei Beobachtungsreihen hintereinander angestellt wurden, und der Vergleich zwischen denselben lehrt, dass bald die zweite Reihe gleich ist der ersten:

16. Mai 1876	1) 0,1334	2) 0,1364
25. Juni 1877	1) 0,1358	2) 0,1359
2. Juli 1877	1) 0,1253	2) 0,1277

bald die zweite etwas höher als die erste:

22. December 1874	1) 0,1279	2) 0,1389

bald endlich die zweite niedriger als die erste:

13. Juni 1877	1) 0,1656	2) 0,1483
19. Juli 1877	1) 0,1489	2) 0,1376

Diese Unregelmässigkeit allein verbietet jedweden Schluss und macht jede Discussion über einen etwaigen Einfluss der Uebung überflüssig.

Digitized by Google

Aber eine andere Erscheinung dürfen wir an dieser Stelle zu erwähnen nicht unterlassen.

Trotz der grossen Uebung, welche D. bei so zahlreichen Beobachtungen sich angeeignet hatte, finden wir, dass die erste Beobachtung nicht blos einer Reihe, sondern auch einer Gruppe, nicht selten längere Zeiten giebt, wahrscheinlich weil beim Beginn einer neuen Beobachtungsgruppe die Aufmerksamkeit noch nicht jene Spannung erreicht hat, die zur Vornahme solcher Beobachtungen unumgänglich nothwendig ist, oder vielleicht auch, weil der Körper sich noch nicht in jener bequemen Stellung befand, die ebenfalls zum Gelingen solcher Versuche erforderlich ist. Bloch[1]) hat schon auf diesen letzteren Umstand aufmerksam gemacht.

Zum Schlusse seien noch einige Bemerkungen über das Gesammt- und das Normalmittel D.'s angefügt.

Wir haben bei D. nicht weniger als 501 einzelne Beobachtungen angestellt, die als Gesammtmittel ergaben 0,1436 Sec.

Nach Vernachlässigung der gewiss fehlerhaften Versuche (jene die mit „zu spät" bezeichnet sind) und ferner der höchst wahrscheinlich ebenfalls nicht ganz richtigen, bleiben noch immer 450 mit einem Mittel von 0,1418 Sec.

Obwohl wir nun 51 Versuche, also ein Zehntel der gesammten, als nicht vollständig verlässlich eliminirt haben, unterscheiden sich die beiden Mittelwerthe doch so wenig von einander, dass wir die Reactionszeit von 0,1418 Sec. als den richtigen Gesammtmittelwerth D.'s hinstellen müssen. Derselbe kann jedoch nicht der des Normalmittels sein, da wir oben pag. 333 gesehen haben, unter welchen besonderen psychischen Zuständen der Versuch vom 9. Mai 1877 angestellt wurde, ferner pag. 331 unter welchen besonderen meteorologischen Verhältnissen wir den Versuch vom 13. Juni 1877 vorgenommen haben. Beide Versuche entbehren der normalen Bedingungen und dürfen bei einer Berechnung des Normalmittels demgemäss nicht in Rechnung kommen.

Nach Elimination der beiden Versuche, nämlich vom 9. Mai 1877 und vom 13. Juni 1877 bleiben noch 363 Einzelnbeobachtungen

---

1) A. Bloch: Expériences sur la vitesse du courant nerveux sensitif de l'homme — Archives de Physiologie normale et pathologique — Deuxième Série — Tome deuxième 1875.

Digitized by Google

mit einem Mittel von 0,1387 Sec. und nach Auslassung aller fehlerhaften oder zweifelhaften Beobachtungen in allen übrigen Versuchen noch 326 Beobachtungen mit einem Mittel von 0,1371 Sec. Dies ist jenes, welches wir als Normalmittel D.'s bezeichnen.

Es ist dasselbe nur um 0,0047 Sec. kleiner als das Gesammtmittel D.'s. Der Unterschied liegt erst in der dritten Dezimalstelle, die, wie oben auseinandergesetzt, nicht mehr als vollends verlässlich betrachtet werden kann, und so werden wir uns gewiss nicht sonderlich von der Wahrheit entfernen, wenn wir schliesslich sagen: „Die mittlere physiologische Reactionszeit für die Berührung der Volarseite der dritten Phalanx des Mittelfingers der rechten Hand schwankt bei D. zwischen 0,1371 und 0,1418 Sec."

Beide Zahlen sind höher als jene, welche einer von uns bei einer andern Gelegenheit als Ergebniss an derselben Versuchsperson veröffentlicht hat.

Der Grund davon ist ein zweifacher. Damals verfügte man blos über den fünften Theil der Beobachtungen, die uns gegenwärtig zu Gebote stehen, anderseits fielen damals sämmtliche Beobachtungen auf die Wintermonate.

Vintschgau.

In gleicher Weise, wie wir auf den vorhergehenden Seiten die an D. vorgenommenen Versuche gruppirt und betrachtet haben, wollen wir es auch mit den an V. vorgenommenen halten, doch können wir uns jetzt in manchen Punkten kürzer fassen.

Als allgemeine Bemerkung schicken wir folgende voraus:

Man ersieht aus Col. 1 Tab. II, dass sämmtliche Beobachtungsreihen in dem Zeitraume vom October 1876 bis Juli 1877 gewonnen wurden. Ferner erfährt man aus Col. 7, dass einige Beobachtungsreihen Vormittags, andere Nachmittags angestellt wurden, für einige jedoch finden wir in dieser Beziehung keine Notiz in unseren Protokollen.

Was das Allgemeinbefinden anbelangt, so wird davon in der Folge die Rede sein, hier sei bemerkt, dass es von März 1877 an ein durchaus ungestörtes gewesen ist.

Die Betrachtung der in Col. 5 enthaltenen Mittelwerthe zeigt eine verhältnissmässig grosse Schwankung unter denselben. Man findet unter ihnen eine Reactionszeit von 0,1788 Sec., dagegen eine

Digitized by Google

andere die blos 0,1405 Sec. erreicht. Der Unterschied 0,0383 Sec. stellt sich etwas niedriger heraus als bei D.

Wir sind nicht geneigt, dieser Erscheinung einen Werth beizulegen, es scheint uns von weit grösserem Interesse darauf aufmerksam zu machen, dass das kleinste bei V. beobachtete Reihenmittel (0,1405 Sec.) um ein Bedeutendes höher ist, als das niedrigste bei D. (0,1191 Sec.), ja es ist sogar höher als D.'s Normalmittel, womit im Zusammenhange die Thatsache steht, dass sowohl das Normal- wie auch das Gesammtmittel D.'s kleiner sind als jene V.'s. (S. pag. 350.)

I. Wir haben früher pag. 330 bemerkt, dass bei D. die Mittel der in den **Wintermonaten** vorgenommenen Beobachtungsreihen im Allgemeinen kleiner sind, als jene für die Sommermonate.

Bei V. fehlen uns vollständig die Belege, um dieser Erscheinung eine weitere experimentelle Grundlage zu geben.

Für die strengen Wintermonate haben wir bei V. keine einzige Beobachtungsreihe. Wohl datiren sich fünf Reihen vom October 1876 und vier vom März 1877. Im October war jedoch V.'s Wohlbefinden nicht ganz normal, so dass die Versuche über die Reactionszeit damals eine Unterbrechung erfahren mussten.

V. konnte wohl seinen gewöhnlichen Berufsgeschäften nachgehen, da jedoch die Ursache des Unwohlseins nicht sofort ermittelt wurde und der Gedanke auf die möglichen Folgen desselben nach einem mehrwöchentlichen Bestande einen deprimirenden Einfluss ausübte, so ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass in dieser Ursache eine Verlängerung der Reactionszeit bedungen war.

Doch dürfen wir diesen Einfluss nicht zu hoch anschlagen, da mit Ausnahme der Mittel, welche den beiden Beobachtungsreihen vom 20. Oktober 1876 Vormittags entsprechen, die übrigen Werthe der anderen Beobachtungsreihen des Octobers zu öfteren Malen in jenen der folgenden Monate wiederkehren.

Wir müssen ausserdem noch eines anderen Umstandes Erwähnung thun. V. hat wohl seit dem Jahre 1873 einige Tausend Beobachtungen über die physiologische Reactionszeit an anderen Individuen gesammelt, aber erst am 20. October 1876 die ersten Versuche an sich selbst angestellt.

Dieser Grund trägt gewiss wesentlich dazu bei, dass die Reactionszeiten der beiden ersten Beobachtungsreihen so hoch aus-

Digitized by Google

fielen und die Zahl der brauchbaren Versuche eine so geringe ist, aber schon am Nachmittage desselben Tages war die Uebung so weit vorgeschritten, um verwendbare Beobachtungen gewinnen zu können. Aus dem eben angeführten Grunde werden wir auch seinerzeit bei Berechnung des Normalmittels die beiden ersten Beobachtungsreihen ausschliessen, die übrigen im October angestellten dagegen beibehalten, weil wie erwähnt die Mittelzahlen derselben nicht auffallend verschieden sind von jenen der übrigen Reihen.

Wir besitzen leider bei V. auch keine Beobachtungsreihe, welche auf einen sehr schwülen Sommertag gefallen wäre.

II. Wir haben früher pag. 332 bei D. gesehen, dass ein den Versuchen **vorangehender Gemüthsaffekt** die Reaktionszeit zu verlängern im Stande ist, und auch bei V. Gelegenheit gehabt, eine ähnliche Erfahrung zu machen.

V. erfuhr Tags vor dem Versuche vom 1. Juni 1877 in Folge einer betrübenden Nachricht einen deprimirenden Gemüthsaffekt, dessen Wirkung sich auf einige Tage erstreckte, und auch in der verlängerten Reaktionszeit sich ausgesprochen hat. Von diesem Versuche findet man in Tab. XI die hauptsächlichsten Resultate zusammengestellt und in Fig. 8 die dazu gehörige Curve entworfen; ausserdem ist im Anhange das ausführliche Versuchsprotokoll beigegeben.

Die Zahl der brauchbaren Beobachtungen ist eine sehr grosse, da von 48 Bestimmungen nur 3 ausgeschieden wurden, und zwar gab in 2 Fällen V. an zu spät reagirt zu haben, die 3. wurde ausgeschlossen, weil die Zahl etwas zu hoch gewesen ist.

Die Mittelwerthe aus beiden Reihen zeigen eine vollkommene Uebereinstimmung und was vielleicht eine noch grössere Bedeutung hat ist der Umstand, dass die Mittelwerthe aus den einzelnen Gruppen ebenfalls sehr gut übereinstimmen, indem der grösste Unterschied zwischen denselben nur 0,0061 Sec. beträgt, ja sogar die Mittel aus allen Versuchen ohne Ausnahme sind nicht viel von einander verschieden, und die Maxima und Minima der beiden Reihen erweisen sich ebenfalls beinahe gleich.

Diese Vergleichungen sind somit geeignet, die Verlässlichkeit der beiden Versuchsreihen zu erweisen. In beiden finden wir Mittelwerthe (0,1727, 0,1729), welche zu den grössten zählen, die überhaupt bei V. zur Beobachtung kamen.

Digitized by Google

Da wir nun ausser der veränderten Gemüthsstimmung keinen anderen Grund finden, diese langen Reaktionszeiten zu erklären, weil ferner die meteorologischen Verhältnisse an jenem Tage nichts Besonderes darboten und weil wir endlich auch bei D. pag. 333 beobachtet haben, dass Gemüthsaffekte die Reaktionszeit verlängern, so glauben wir auch bei V. die erwähnte Erscheinung auf diese Ursache zurückführen zu müssen.

III. Bei Besprechung der an D. vorgenommenen Versuche wurde unter Anderen auch die Frage aufgeworfen pag. 334, ob bei Anstellung der Versuche einerseits die **Ermüdung** im Stande ist die Reaktionszeit zu verlängern, anderseits ob die **Uebung** sie zu verkürzen vermöge. Wir wollen erst der zweiten Frage unsere Aufmerksamkeit zuwenden und zwar mit Berücksichtigung der 3 Fälle, die wir oben pag 336 u. f. unterschieden haben.

1. Was den ersten Fall betrifft, so hat sich bei V. deutlich gezeigt, dass die ersten Beobachtungen, die man vornimmt, wirklich eine längere Reaktionszeit ergeben.

Wie dem schon kurz vorher pag. 342 erwähnt ist, sind die Beobachtungsreihen vom 20. October 1877 die ersten, die überhaupt an V. angestellt wurden. Die erste Reihe zeigt nicht blos ein sehr hohes Mittel, wenn man sämmtliche Versuche ohne Ausnahme betrachtet, sondern auch, wenn alle fehlerhaften und zweifelhaften Beobachtungen eliminirt worden sind; in letzterem Falle erhalten wir 0,1788 Sec., das höchste Mittel, das bei V. im ganzen Verlaufe der Untersuchungen beobachtet wurde. Es ist auch die Zahl der fehlerhaften und zweifelhaften Beobachtungen sehr gross, denn von 21 mussten nicht weniger als 11 ausgeschieden werden.

Aber schon die zweite Reihe desselben Tages ergab ein besseres Resultat, indem nicht blos ihr Mittel kleiner ist als jenes der ersten, sondern auch die Zahl der fehlerhaften und zweifelhaften Versuche sich wesentlich vermindert hat; die dritte Reihe endlich, am Nachmittage desselben Tages vorgenommen ergab im Mittel 0,1584 Sec., das nur um weniges höher ist als das Normalmittel V.'s.

Wie wir schon pag. 336 erwähnten liefern diese Beobachtungen einen sichern Beweis für die schon von S. Exner hervorgehobene Thatsache, dass die ersten Beobachtungen an einem Indi-

Digitized by Google

viduum mit dem man beginnt, Versuche über die physiologische Reaktionszeit anzustellen, sehr grosse Zeitwerthe liefern.

2. Bezüglich des zweiten oben pag. 336 erwähnten Falls zeigen die Versuchsreihen bei V. dasselbe Verhalten wie bei D., dass nämlich im Verlaufe der Zeit, wenn einmal das betreffende Individuum eine gewisse Uebung gewonnen hat, diese nicht weiter gesteigert wird, sondern dass wenigstens bei den Versuchen mit der Berührung der Haut die übrigen Einflüsse, welche aus dem täglichen Leben stammen, die Uebung überwiegen.

Es wurden übrigens an V. nicht blos die in der Tab. II verzeichneten Beobachtungsreihen gesammelt, sondern noch eine Reihe anderer, welche nicht in den Rahmen der vorliegenden Frage fallen.

3. Wir haben endlich noch den dritten Fall näher zu untersuchen. Und da hat sich denn bei der ersten Beobachtungsreihe vom 20. October 1877 gezeigt, dass sich in der That im Verlaufe dieser Reihe schon die Uebung geltend machte, denn in der ersten Beobachtungsgruppe kam unter 7 Beobachtungen nur eine einzige vor mit 0,1946 Sec., die übrigen dagegen sind bedeutend höher; in der zweiten Gruppe dagegen finden wir unter 9 Beobachtungen eine mit 0,1126 Sec., die anderen bewegen sich zwischen 0,1949 und 0,1728 Sec.; ähnliche Grenzen finden wir bei den Beobachtungen der dritten Gruppe.

Es zeigt sich also in dieser Reihe bereits der Einfluss der Uebung, der dann in den beiden nächsten Reihen desselben Tags vollends zur Geltung gelangt.

Zur Entscheidung der Fragen aber, wie dieselben oben pag. 337 aufgestellt worden sind, können diese 3 Reihen nicht benutzt werden, weil wir es nicht mit ganz normalen Verhältnissen zu thun hatten (pag. 342).

Von grösserer Wichtigkeit dürften dagegen die Versuche sein, deren wir nun gedenken wollen.

Am 28. Mai 1877 wurden bei V. drei Beobachtungsreihen innerhalb einer Stunde vorgenommen, in Tab. X sind die hauptsächlichsten Resultate des Versuchs zusammengestellt und in Fig. 7 die dazugehörige Curve entworfen.

Die meteorologischen Verhältnisse jenes Tages boten nichts Absonderliches dar. — Die Reaktionszeit nimmt im Verlaufe der beiden ersten Beobachtungsreihen stetig, wenn auch nicht gleich-

Digitized by Google

mässig ab, es beträgt das Mittel in der ersten Gruppe der ersten Reihe 0,1587 Sec., jenes dagegen von der dritten Gruppe der zweiten Reihe nur mehr 0,1348 Sec., in der dritten Reihe aber finden wir den Mittelwerth einer Gruppe gleich, die anderen beiden aber höher, als jene der letzten Gruppe in der vorhergegangenen Reihe.

Eine äussere Ursache für diese Erscheinung liess sich nicht constatiren, so dass man beinahe glauben könnte, es habe in den ersten Reihen sich die Uebung geltend gemacht, während bei der dritten der Einfluss der Ermüdung zum Vorschein kam; wir wollen jedoch nicht unterlassen zu bemerken, dass zwischen der zweiten und dritten Reihe $^1/_4$ Stunde verstrich und der Beobachtete während dieser Zeit immerhin Gelegenheit fand, sich von einer leichten Ermüdung zu erholen.

Ein interessanter Versuch, für dessen Besprechung hier der geeignete Platz ist, wurde am 6. Juli 1877 angestellt.

Wir geben in Tab. XVII die Zusammenstellung der wichtigsten Resultate und in Fig. 14 die dazugehörige Curve.

Die beiden ersten Beobachtungsreihen wurden Vormittags gegen 9 Uhr unternommen; denselben ging keine geistige Anstrengung voran, die meteorologischen Verhältnisse zeigten nichts Besonderes und der Beobachtete hatte vor dem Versuche blos den kurzen Weg vom Hause bis in's Laboratorium zurückgelegt. Die Mittel beider Reihen (0,1542, 0,1551) stimmen nicht blos sehr gut unter einander überein, sondern sind auch kaum von V.'s Normalmittel (0,1532) verschieden. Die Uebereinstimmung zwischen den beiden Beobachtungsreihen geht aber noch weiter, die Minima sind jederseits beinahe vollkommen gleich (das Maximum der zweiten Reihe ist etwas höher, als jenes der ersten) auch die Mittel der einzelnen Gruppen stimmen beiderseits ziemlich gut miteinander, nur jenes von der dritten Gruppe in der zweiten Reihe (0,1627) stellt sich etwas höher als die übrigen: es ist möglich, dass nun eine leichte Ermüdung Platz gegriffen hat, obwohl es schwer ist aus den 4 Beobachtungen einen sicheren Schluss zu ziehen. Der Unterschied zwischen den Mitteln der einzelnen Gruppen beträgt nur 0,0101 Sec. und sinkt bis auf 0,0027 Sec., wenn man das obenerwähnte Mittel der letzten Gruppe in der zweiten Reihe nicht berücksichtigen wollte.

Gewiss aber ist, dass im Verlaufe der 20 Minuten, welche die Beobachtungen in Anspruch nahmen, eine Uebung nicht ein-

Digitized by Google

trat, und dass auch eine Ermüdung in erwähnenswerther Weise sich nicht fühlbar machte. Auch ist es sicherlich bemerkenswerth, dass diese Beobachtungen, welche unter sehr günstigen physischen und psychischen Verhältnissen angestellt wurden, ein Mittel ergaben, das mit dem Normalmittel V.'s so gut übereinstimmt.

Nach den beiden eben besprochenen Beobachtungsreihen erfolgte eine Unterbrechung von 2 Stunden, während welcher von V. die Vorlesungen gehalten wurden, und zwar in der ersten Stunde in deutscher, in der zweiten in italienischer Sprache, in beiden jedoch genau über denselben Gegenstand.

Unmittelbar nach den Vorlesungen wurde eine Beobachtungsreihe angestellt, die als Mittel ergab 0,1466 Sec., um 0,0085 Sec. kleiner, als jenes, welches der Reihe vor den Vorlesungen entspricht. Das nun erhaltene Mittel ist auch kleiner als das Normalmittel V.'s und reiht sich im Allgemeinen den niedrigsten Mitteln an, die wir bei ihm beobachteten. In dieser Beobachtungsreihe, besonders aber in deren Beginne kommen einige (3) Beobachtungen vor, bei denen V. angab zu spät reagirt zu haben; lässt man diese fehlerhaften Beobachtungen bei Seite, so ergiebt sich, dass das Maximum der noch übrigen Beobachtungen zu den kleinsten Maximis zu stellen ist, während das Minimum von den vielen übrigen Minimis sich nicht unterscheidet.

Es verdient endlich noch der Umstand Erwähnung, dass die Mittel aus diesen drei Beobachtungsgruppen in einem stetigen Sinken begriffen sind, es beträgt der Unterschied bei ihnen 0,0147 Sec. und ist somit grösser, als jener in den Mitteln der sechs Gruppen vor den Vorlesungen.

Auf die eben besprochene Beobachtungsreihe folgte eine Pause von ungefähr $^1/_2$ Stunde, während welcher V. im Laboratorium sich mit kleinen, durchaus nicht anstrengenden Arbeiten befasste; die darauf unternommene Reihe ergab ein Mittel von 0,1526 Sec., das sich schon ganz jenen vor den Vorlesungen nähert. In den drei Beobachtungsgruppen zeigen sich sehr geringe Schwankungen, jedoch das Maximum und Minimum der fehlerlosen Beobachtungen sind etwas höher als in der vorhergehenden Reihe; übrigens finden sich in der letzten Reihe blos zwei Beobachtungen, in welchen entschieden zu spät reagirt wurde.

Wir verfügen leider nur über diesen einzigen Versuch und erachten es für verfrüht, einen definitiven Schluss daraus zu ziehen,

Digitized by Google

wir wollen dagegen nicht verschweigen, dass es uns scheint, als ob nach geistiger Anstrengung eine Periode eintrete, während welcher nicht ganz exact reagirt wird, was wir auf Rechnung der Ermüdung setzen möchten, dass aber während dieser Periode die Erregung des Nervensystems noch einige Zeit anhält, und dadurch die Reaktionszeiten verkürzt, um erst später nach längerer oder kürzerer Frist zum normalen Zustande der Ruhe zurückzukehren.

Sollten sich diese Vermuthungen auch nicht bestätigen, so scheint der mitgetheilte Versuch immerhin darnach angethan, zu weiteren Forschungen in gleicher Richtung aufzumuntern, um für richtigere Schlüsse Boden zu gewinnen.

Das geht aber aus Allem, was wir bis jetzt vorgebracht haben, hervor, dass bei der Anstellung dieser mit den erwähnten Cautelen angestellten Versuche weder die Ermüdung noch die erlangte Uebung auf eine besondere Bedeutung Anspruch erheben könne.

Dass bei allen unseren Versuchen eine geistige Ermüdung niemals zur vollen Geltung kommen konnte, mag wohl damit zusammenhängen, dass die Aufmerksamkeit des Beobachteten immer angespannt genug blieb, um ja sicher rasch genug zu reagiren, wie auch nach etlichen Beobachtungen stets eine Pause von 2—3 Minuten und nach jeder Beobachtungsreihe eine solche von 10 Minuten, häufig eine noch viel längere gemacht wurde.

Als unreine Beobachtungen, veranlasst durch psychische Erregung müssen wir jene ansehen, bei denen in Folge von Unregelmässigkeiten in der Bewegung des Motors die Nothwendigkeit herantrat, zwischen 2 Beobachtungsgruppen oder zwischen 2 Beobachtungsreihen sich mit der Regulirung des Apparats zu beschäftigen. Wir haben nach solchen Ereignissen sehr häufig eine verlängerte Reaktionszeit gefunden, möchten aber diese Verlängerung nicht so sehr einer geistigen Ermüdung zuschreiben, als vielmehr jener verdriesslichen Aufregung, die sich nicht von der Hand weisen lässt, wenn man befürchten muss, dass möglicherweise die Arbeit eines ganzen Tages in Frage gestellt werden kann.

Erwägen wir die Frage nach der Uebung in Rücksicht auf 2 nacheinander folgende Beobachtungsreihen, so stellen sich uns wieder 3 Fälle dar.

1. Die Mittel der beiden Reihen sind gleich.

1. Juni 1877	1) 0,1727	2) 0,1729

Digitized by Google

6. Juli 1877 die beiden Reihen des Morgens
1) 0,1542 2) 0,1551

2. Die 2. Reihe ergiebt ein höheres Mittel
22. Juni 1877 1) 0,1413 2) 0,1475

3. Die 2. Reihe giebt ein niedrigeres Mittel
23. Oct. 1876 1) 0,1633 2) 0,1573
6. Juli 1877 die Nachmittagsreihen
1) 0,1601 2) 0,1558
14. Juli 1877 1) 0,1621 2) 0,1536.

Wir begegnen also hier wieder denselben Unregelmässigkeiten wie bei D. und vermögen keinen Anhaltspunkt nach der einen oder der anderen Seite hin zu gewinnen.

Uebrigens muss erwähnt werden, dass bei V. vom November 1876 bis März 1877 eine Unterbrechung in den Versuchen stattgefunden hat; nichtsdestoweniger lieferte die erste Beobachtungsreihe am 20. März 1877 ein für V. gewiss nicht sehr hohes Mittel. Es sichert diese Thatsache den Beweis, dass eben die Unterbrechung von 5 Monaten durchaus nicht die früher bereits gewonnene Uebung verminderte.

Dass die ersten Beobachtungen im Beginne einer Reihe häufig nicht ganz gut waren, konnten wir auch bei V. bestätigen. Wir haben uns über die wahrscheinliche Ursache dessen bereits oben pag. 340 ausgesprochen.

Schliesslich gedenken wir noch einer eigenthümlichen Erscheinung, die wir bei einem Versuche mit Vintschgau zu bemerken Gelegenheit fanden. Die Versuche am Nachmittag wurden meistens 5—15 Minuten nach der Ankunft V.'s begonnen, er hatte zuvor den nicht langen Weg von seiner Wohnung in's Laboratorium zurückgelegt. Die Ermüdung in Folge des Gehens konnte für gewöhnlich keine Bedeutung erlangen, weil die zurückgelegte Entfernung nicht gross ist, und das Gehen gemässigt war (der Zeitaufwand betrug 5 — 8 Minuten). Nur am 22. Juni 1877 mussten die Treppen zweimal gemacht werden und V. auf einem allerdings nicht langen Umwege in das Laboratorium gehen. Da für die Versuche schon alles vorbereitet war, beschleunigte V. etwas den Schritt, gerieth an dem warmen Sommertage (mittl. Temp. 19,6° C., Max. 25,0° C.) in mässige Transpiration und hatte das Gefühl, wie es sich nach einem mässig raschen Gehen einzustellen pflegt.

Digitized by Google

Die erste Beobachtungsreihe ergab eine für V. sehr niedrige Reaktionszeit (0,1413 Sec.) und sowohl das Maximum wie auch das Minimum gehören zu den kleinsten, die beobachtet wurden. Die nächste Reihe (ungefähr $^1/_2$ Stunde später) ergab schon ein höheres Mittel 0,1475 Sec., jedoch wurde das Normalmittel noch nicht erreicht. Das Maximum ist höher als in der vorhergehenden Reihe, das Minimum hat dagegen keine Aenderung erfahren.

Bei V. liegen im Ganzen 509 Einzelnbeobachtungen vor, aus welchen sich als Gesammtmittel 0,1621 berechnet. Nach Ausscheidung der fehlerhaften und zweifelhaften Beobachtungen erübrigen noch 447, für welche der Mittelwerth 0,1564 Sec. beträgt.

Die beiden Werthe zeigen noch einen Unterschied von 0,0057 Sec., den wir Angesichts der gewiss nicht kleinen Anzahl von Beobachtungen immer noch als zu gross nehmen müssen. Wenn wir aber aus den oben angeführten Gründen die 2 Beobachtungsreihen vom 20. October 1876 Vormittags und die beiden Reihen vom 1. Juni 1877 ausscheiden, dann bleiben noch im Ganzen 418 Beobachtungen mit einem Gesammtmittel von 0,1564 Sec., und wenn auch noch die fehler- und zweifelhaften Beobachtungen eliminirt werden, so restiren uns immer noch 376 mit dem Normalmittel 0,1532 Sec.

Wir werden uns somit nicht viel von der Richtigkeit entfernen, wenn wir sagen, dass die mittlere normale physiologische Reactionszeit für die Berührung der Volarseite der dritten Phalanx des Mittelfingers der rechten Hand bei V. zwischen 0,1532 und 0,1564 Sec. sich bewegt.

Nachdem wir nun die Mittelwerthe sowohl für D. als auch für V. gewonnen haben, so ist es uns ermöglicht, die in diesen Capiteln erhaltenen Resultate zusammenzustellen.

Wir haben vorerst erwähnt, es sei wahrscheinlich, dass in den Wintermonaten die Reaktionszeit sich etwas kürzer gestalte, als in den Sommermonaten: von allen den Beobachtungen, die wir während des Winters an D. vornahmen, kommen nur zwei dem Normalmittel gleich, während die vier anderen Reihen um ein Ansehnliches unter demselben liegen.

Wir haben ferner gesagt, dass eine schwüle Temperatur

Digitized by Google

die Reaktionszeit wahrscheinlich verlängere: die Mittel beider Beobachtungsreihen vom 13. Juni 1877 stiegen bedeutend höher als das Normalmittel und zwar beträgt dieser Unterschied bei der ersten Reihe in runder Zahl nicht weniger als 0,03 Sec.

Es wurde ferner die Bemerkung angeführt, dass vorausgegangene psychische Affekte die Reaktionszeit verlängern: alle vier Beobachtungsreihen vom 9. Mai 1877 ergaben bei D. ein höheres Mittel als das normale und zwar beträgt beim höchsten der Unterschied 0,027 Sec. und selbst bei dem kleinsten noch 0,011 Sec.

Bei V., an dem eine ähnliche Beobachtung gemacht werden konnte, beträgt die Differenz zwischen dem Normalmittel und jenem der Beobachtungsreihen nach einem psychischen Affekte in runder Zahl 0,02 Sec.

Wir haben ausserdem einen Versuch besprochen, welcher vielleicht der Vermuthung Raum giebt, dass eine körperliche Erregung, wie sie z. B. bei raschem Gehen entstehen kann, die Reaktionszeit etwas verkürze; beide Mittel der Beobachtungsreihen vom 22. Juli 1877 an V. zeigen einen niedrigeren Werth als das Normalmittel. Bei der ersten Reihe beträgt der Unterschied nicht weniger als 0,012 Sec., sinkt jedoch bei der zweiten schon auf 0,006 Sec.

Endlich haben wir erwähnt, dass auch unmittelbar nach geistiger Anstrengung die Reaktionszeit wahrscheinlich etwas kürzer ist als vordem: die erste Beobachtungsreihe vom 6. Juli 1877, die bei V. nach einem zweistündigen Vortrage angestellt wurde, liefert einen Mittelwerth, der kleiner ist als das Normalmittel, der Unterschied beträgt allerdings nur 0,006 Sec., aber es stimmen die Mittel der Reihen vor dem Vortrage und jenes nach einer halbstündigen Ruhe vollständig mit dem Normalmittel überein.

Wir haben uns in diesem Abschnitte stets mit grossem Rückhalte ausgesprochen, denn wir verdanken ja die angeführten Beobachtungen nur dem Zufalle und haben keine direkten Untersuchungen zur weiteren Aufklärung vorgenommen.

Die Ergebnisse wurden in erster Linie allerdings in Rücksicht auf die eigentlichen Versuche gesammelt, dürften aber ausserdem für die Physiologen einen Wegweiser auf ein, wie es scheint, ertragsfähiges Arbeitsfeld darstellen.

Jeder Beitrag wird für die Beleuchtung dieses noch so dunklen Gebietes von grossem Werthe sein.

Digitized by Google

Der nächste Abschnitt sei nun der Darstellung unserer eigentlichen Versuche gewidmet.

Morphium.

Vorbemerkungen.

Mit dieser Substanz wurden nur drei Versuche vorgenommen, da V. sich nicht entschliessen konnte, an sich selbst zu experimentiren. Angewendet wurde Morphium muriaticum, und fand die Einverleibung am Unterschenkel durch subcutane Injection mittelst einer calibrirten Pravaz'schen Spritze statt, die eine genaue Dosirung erlaubte. Die Menge wurde jedesmal so gewählt, dass das Bewusstsein stets ungetrübt blieb und D. noch immer im Stande war, die Cylinderumdrehungen zu zählen, wobei er, wie die Uebereinstimmung mit den gleichzeitigen Zählungen des anderen Assistenten erwies, keinen Fehler machte. Nur am Ende des Versuches vom 13. Juni fiel die Fixirung der Marke an der Scheibe etwas schwer, aber trotzdem erwies sich die Zählung der Umdrehungen meistens als ganz exact.

Um das Volumen dieser Schrift nicht über Gebühr zu vergrössern, unterlassen wir die ausführliche Mittheilung der Versuchsprotokolle und beschränken uns darauf, für jeden Versuch eine Tabelle zu entwerfen, welche die wichtigsten Daten enthält. Die Aufschriften der einzelnen Stäbe auf den Tabellen bedürfen keines weiteren Commentars.

Um jedoch den Leser eine nähere Einsicht in den Gang und in die speciellen Resultate der Versuche nicht ganz vermissen zu lassen, werden wir für jede angewendete Substanz einen oder den anderen Versuch durch die ausführlichen Protokolle mittheilen, welche im Anhange zu dieser Schrift enthalten sind.

Um die Uebersicht über die erhaltenen Resultate zu erleichtern, haben wir für jeden Versuch eine Curve entworfen. Der Ordinate entsprechen die Reactionszeiten in Tausendstel einer Secunde. Der Abscisse dagegen die Zeit von 5 zu 5 Minuten, und zwar so, dass 0 dem Beginne des Versuchs entspricht. Für jeden Versuch ist bei derselben Figur eine doppelte Curve eingetragen, nämlich eine, welche aus den Mitteln der Beobachtungsgruppen resultirt, während die andere aus den Mitteln der Beobachtungsreihen hervorgeht (und zwar beiderseits nach Auslassung der fehlerhaften und zweifelhaften Versuche).

Digitized by Google

Die Mittel aus den Beobachtungsgruppen sind in den Figuren mit einem • bezeichnet und die zugehörige Curve ist fein gezogen. Die Mittel aus den Beobachtungsreihen dagegen sind mit einem o bezeichnet und die zugehörige Linie ist stark gezogen.

Die einzelnen Beobachtungsreihen sind durch römische Ziffern kenntlich gemacht, die zu ihnen gehörigen Gruppen sind mit 1, 2, 3 bezeichnet, selten enthält eine Reihe nur 2 Gruppen. Endlich ist mit einer punktirten horizontalen Linie das Normalmittel markirt, wie es sich aus den im vorigen Abschnitte besprochenen Beobachtungsreihen für jeden von uns ergeben hat. Bei den Curven für die Morphiumversuche ist noch der Zeitpunkt der Injection mit einem verticalen Striche bezeichnet.

Es folgt nun die Besprechung der einzelnen Versuche.

Dietl 25. April 1877.

In Tab. IV sind die Resultate dieses Versuches zusammengestellt, in Fig. 1 die entsprechende Curve entworfen.

Eine Bestimmung der Reaktionszeit vor der Morphiuminjection ist hier leider nicht unternommen worden.

Die einmalige Injectionsdosis betrug 25 mgrm.

Dieser Versuch zeigt, dass ungefähr 20 Minuten nach der Morphiuminjection die Reactionszeit um 0,0132 Sec.[1]) höher ist als das Normalmittel D.'s, aber bald (in 54 Minuten) sich kürzer als das letztere stellt. Die Verkürzung beträgt bei der zweiten Gruppe der zweiten Reihe 0,0055 Sec., eine Grösse, die in Berücksichtigung der wenigen, zur Berechnung des Mittels benützten Beobachtungen (8), verschwindend klein ist. Interessant ist jedoch, dass auch das Mittel der Reihe (aus 22 Beobachtungen) etwas kleiner bleibt als das Normalmittel. Bei der Berechnung dieses Mittels der II. Reihe sind auch einige sehr hohe Zahlen einbezogen worden, die wir aber darum nicht eliminirten, weil sie sich öfter wiederholen und D. jedesmal angab, präcise reagirt zu haben.

Nach ungefähr 2 Stunden erhalten wir schliesslich als Mittel der Beobachtungsreihe eine mit dem Normalmittel übereinstimmende Zahl. Jedoch tritt uns hier die Erscheinung entgegen, dass aus der ersten Gruppe dieser Reihe sich ein hohes Mittel berechnet, die Ursache dafür muss angesichts der Uebereinstimmung, die sich in den meisten Beobachtungen ausspricht, im Sensorium gesucht werden[2]).

---

1) Es verstehen sich immer die Mittel aus den fehlerlosen Beobachtungen, falls nicht das Gegentheil ausdrücklich bemerkt ist.

2) Auch wenn man die Mittel aus allen Beobachtungen ohne Ausnahme berücksichtigen wollte, würde doch derselbe Gang der Reactionszeit zum Vorschein kommen.

Digitized by Google

Auch die Maxima und Minima der fehlerlosen Beobachtungen weisen darauf hin, dass die Reactionszeit kurz nach der Morphiuminjection am längsten ist, später aber kürzer wird.

Der Puls zeigte keine auffallende Veränderung, eine Schwankung von 6 Schlägen in der Minute für die Zeit von 2 Stunden verdient kaum berücksichtigt zu werden; jedenfalls fällt die Verlangsamung des Pulses nicht mit der vollen Morphiumwirkung zusammen.

Die Wirkungen des Morphiums wurden von D. deutlich als solche gefühlt, aber die unbedeutenden Symptome waren bald spurlos verschwunden.

Dietl 27. April 1877.

Für diesen Versuch enthält Tab. V die näheren Details und Fig. 2 die zugehörige Curve.

Es wurden diesmal 5 mgrm. Morphium mehr (also 30 mgrm.) injicirt und die erste Beobachtungsgruppe schon 7 Minuten darnach vorgenommen.

Dem entsprechend finden wir auch die Reactionszeit in den Beobachtungsgruppen 1 und 2 der ersten Reihe etwas höher (0,1535 und 0,1586 Sec.) als in den entsprechenden Beobachtungsgruppen des vorhergehenden Versuchs. Es beträgt der grösste Unterschied vom Normalmittel 0,0215 Sec., also beinahe das Doppelte des Unterschieds im ersten Versuche.

Nach 21 Minuten (3. Gruppe I. Reihe) ist die Reaktionszeit schon bedeutend kürzer geworden (0,1425 Sec.), freilich wurde das Mittel für diese Beobachtungsgruppe aus nur 4 Beobachtungen berechnet, und wir würden auf diese plötzliche und unvermittelte Verkürzung gar keinen Werth legen, wenn sich nicht aus der 1. und 2. Gruppe der nächsten (II.) Reihe, die 42 Minuten nach Einverleibung des Morphiums begann, Mittelwerthe ergeben hätten, die um das Normalmittel D.'s schwanken (0,1422 und 0,1337 Sec.).

Ebenso unvermittelt wie bei der letzten Gruppe der I. Reihe eine Verkürzung der Reaktionszeit eintrat, ereignet sich eine Verlängerung (0,1529 Sec.) in der letzten Gruppe der II. Reihe, welche jedoch blos aus 5 Beobachtungen mit schwankenden Zahlen besteht.

Bei der III. und letzten Reihe ungefähr 2 Stunden nach Einverleibung des Morphiums schwanken die Mittel der einzelnen Gruppen um das Normalmittel, so dass jenes der ganzen Reihe mit dem letzteren vollständig übereinstimmt (0,1368 Sec.).

Betrachtet man die Mittel aus allen Beobachtungen ohne Ausnahme, so ersieht man, dass die Mittel mehrerer Versuchsgruppen eine überraschende Uebereinstimmung aufweisen. Man kann jedoch dieser Erscheinung keinen Werth beilegen, da bei den meisten Gruppen eine Beobachtung mit der Bemerkung: „zu spät reagirt" vorkommt.

Von grösserem Interesse ist die Thatsache, dass die Maxima der fehlerlosen Beobachtungen im Allgemeinen um so niedriger werden, je mehr Zeit seit der Einverleibung des Morphiums verstrichen ist, ein Verhältniss, welches sich bei den Minimis nicht kundgiebt. Dem entsprechend wird der Unter-

Digitized by Google

schied zwischen dem Maximum und Minimum der einzelnen Beobachtungsgruppen ebenfalls um so kleiner, je mehr Zeit nach der Morphiuminjection vergangen ist. Man könnte diese Erscheinung so deuten, dass das Morphium die Gleichförmigkeit des Reagirens beeinträchtigt.

Die Frequenz des Pulses wurde in diesem Versuche nur zweimal bestimmt, das erstemal 15 Minuten nach der Injection, das zweitemal gegen Ende des Versuchs, wo sie etwas gesunken war.

Vergleichen wir den Verlauf der beiden beschriebenen Versuche, so findet man, dass sich dieselben, abgesehen von kleinen und nebensächlichen Unterschieden, so vollständig decken, als man es überhaupt bei ähnlichen Experimenten wünschen kann. Man ersieht dies am besten aus der Form der Curven, die nach den Mitteln der Beobachtungsreihen entworfen wurden.

Gegen die Versuche könnte man den Einwurf erheben, dass die Reactionszeit vor der Injection nicht sichergestellt ist. Obwohl derselbe in Anbetracht der demonstrirten Uebereinstimmung viel an seiner Bedeutung verliert, haben wir doch in folgendem Versuche auch diesem Umstande Rechnung getragen.

Dietl 13. Juni 1877.

Derselbe unterscheidet sich von den beiden vorhergehenden in mehreren Punkten.

Es wurden diesmal in zwei Gaben zusammen 40 mgrm. Morphium mur. injicirt, eine Dosis, welche als eine sehr beträchtliche angesehen werden muss, wie es auch die später eingetretenen Symptome deutlich erwiesen haben.

Vor der Morphiuminjection wurden 2 Beobachtungsreihen angestellt, welche anlässlich ihrer hohen Mittelwerthe im ersten Abschnitt dieser Schrift pag. 331 eine besondere Besprechung erfuhren.

Endlich wurde die Reactionszeit bis $2^1/_4$ Stunde nach der Einverleibung bestimmt.

Wir geben von diesem Versuche ausser der Zusammenstellung der hauptsächlichsten Resultate in Tab. VI und der Curve Fig. 3 auch noch die ausführlichen Protocolle [1]).

Wir wollen ihn nun im Texte etwas näher beleuchten.

---

1) In den Protocollen enthält die 1. Columne die Uhrzeit, in der 2. ist die fortlaufende Nummer der Beobachtungen eingetragen, in der 3. die Angabe, wie sie vom Beobachteten unmittelbar nach jeder einzelnen Beobachtung mit Bezug auf dieselbe dictirt wurde, in der 4. die nicht corrigirte Reactionszeit und in der letzten sind etwaige Anmerkungen aufgenommen. Die mit einem * bezeichneten Beobachtungen sind aus den im Text angeführten Gründen eliminirt worden. Die Versuchsreihen sind durch Aufschrift gekennzeichnet, die Versuchsgruppen durch eine freie Zeile getrennt.

Digitized by Google

Schon 3 Minuten nach der ersten Morphiuminjection (30 mgrm.) findet man, dass die Reaktionszeit, die vorher im Mittel der II. Reihe bis auf 0,1483 gesunken war, schon bedeutend verlängert ist, und zwar ist diese Verlängerung durchaus keine vorübergehende Erscheinung, sondern eine andauernde, indem sie nicht blos aus den Mitteln der beiden Beobachtungsreihen I und II nach der Morphiuminjection (0,1673, 0,1697 Sec.) hervorgeht, sondern auch aus jenen der einzelnen Beobachtungsgruppen.

Es ist wohl wahr, dass die Verlängerung im Vergleiche zur Reactionszeit, welche der I. Reihe der Injection entspricht, eine ganz unbedeutende ist, man darf jedoch nicht vergessen, dass das Mittel der genannten Reihe, zu den allerhöchsten zählt, die überhaupt bei D. ohne Einverleibung von Substanzen beobachtet wurden, dagegen ergiebt der Vergleich des Mittels der II. Reihe (ungefähr $^1/_2$ St.) nach der Injection mit jenem der letzten Reihe vor der Injection 0,0214 Sec., also eine ansehnliche Grösse.

Ungefähr 40 Minuten nach der ersten Injection erfolgte eine zweite von 10 mgrm. Morphium. In der III. Versuchsreihe, welche 3 Minuten nach der Injection beginnt, erscheinen die Mittel der 1. und 2. Gruppe noch um ein weniges kürzer als jene der vorhergegangenen Beobachtungsgruppen, während die letzte (3.) Gruppe der in Rede stehenden III. Reihe ein ganz ausserordentlich hohes Mittel ergiebt (0,1946), welches als richtig anzusehen ist, da die 5 Beobachtungen, denen es entstammt, ziemlich gut übereinstimmen, ja es wäre noch höher ausgefallen, wenn wir auch die letzte Beobachtung in Rechnung gezogen hätten, was nicht geschah, weil wir glauben, dass obwohl sie von D. als gut bezeichnet wurde, sich möglicherweise doch ein Fehler eingeschlichen habe.

Der Einwendung, es sei das Mittel der eben erwähnten Beobachtungsgruppe nur aus wenigen Beobachtungen berechnet; und es habe sich vielleicht die Ermüdung geltend gemacht, begegnen wir mit dem Hinweise auf die Thatsache, dass diese Beobachtungsreihe in die Zeit von 9—14 Minuten nach der 2. Injection fiel, während welcher die Morphiumwirkung zu ihrer vollen Höhe sich entwickelte, und dass die nächste Beobachtungsreihe (IV) ebenfalls noch ein hohes Mittel lieferte.

Es war $^1/_2$ Stunde verstrichen, (und es konnte in dieser Zeit eine etwaige Ermüdung vollständig abnehmen), als die IV. Beobachtungsreihe begonnen wurde.

Die ziemlich gut übereinstimmenden Mittel der drei Gruppen, wie auch jenes der ganzen Reihe (0,1760 Sec.) sind die höchsten, die bei diesem Versuche beobachtet wurden, wenn man von dem eben erwähnten ausserordentlich hohen Werthe der 3. Gruppe in der III. Reihe absieht. Das Mittel dieser IV. Reihe ist um 0,0104 Sec. höher, als jenes der I. Reihe und um 0,0276 Sec. höher als jenes der II. Reihe vor der Morphiuminjection.

Wir liessen nun abermals beinahe $^1/_2$ Stunde verstreichen, um dann die V. Beobachtungsreihe vorzunehmen, schon vor derselben hatten sich einige Symptome der Morphiumvergiftung eingestellt (siehe Protocoll).

Digitized by Google

Die Mittel der 2 ersten Gruppen dieser neuen Reihe, obwohl etwas niedriger, als die entsprechenden der vorhergehenden, sind doch immer noch höher, als jenes aus der I. Reihe vor der ersten Injection, nun aber trat plötzlich und unvermittelt in der 3. Gruppe eine bedeutende Verkürzung der Reactionszeit ein, so zwar, dass das entsprechende Mittel das niedrigste darstellt, welches wir überhaupt an jenem Tage beobachteten; es ist auch nicht viel verschieden von dem Normalmittel D.'s und kann nicht wohl aus einem Beobachtungsfehler abgeleitet werden weil die Schwankung in den 6 Beobachtungen dieser Gruppe nur die sehr geringe Grösse von 0,0203 Sec. beträgt [1]).

Die grössten Maximalwerthe der einzelnen Beobachtungen fallen, wie nicht anders zu erwarten, auf die Zeit der deutlichsten Morphiumwirkung, eine ähnliche Beziehung stellt sich auch, wenngleich weniger deutlich, bei den Minimalwerthen heraus.

Die Wirkung des Morphiums war bei diesem Versuche eine sehr ausgesprochene, es zeigten sich auch, wie in der Anmerkung des Versuchsprotocolls angegeben ist, alle jene Symptome, welche gewöhnlich einer mässigen Morphiumvergiftung zukommen.

Der Puls erfuhr in diesem Versuche eine leichte Zunahme der Frequenz.

- - - -

Nachdem wir nun so die 3 Morphiumversuche Schritt für Schritt analysirt haben, müssen wir sehen, welche gemeinsame Charaktere denselben zu eigen sind.

Hier ist vorerst zu erwähnen, dass schon wenige Minuten nach der Morphiuminjection die Reaktionszeit eine Verlängerung erfährt, dass aber dieser Zustand nicht sehr lange anhält. Bei den Versuchen vom 25. und 27. April konnten wir den Verlauf der Verlängerung eigentlich gar nicht zur Anschauung bringen, als wir nämlich die Beobachtungen begannen (nach 15 Minuten im Versuche vom 25. und nach 9 Minuten vom 27. April) war der Höhepunkt schon erreicht, oder beinahe erreicht, und nach 45—50 Minuten war die Verlängerung überhaupt schon vollständig wieder verschwunden.

Im Versuche vom 13. Juni 1877 hat sich deutlich dargestellt, dass nach 20 Minuten der Höhepunkt der Verlängerung erreicht ist, während ungefähr nach 40 — 60 Minuten die Reactionszeit wieder eine Verkürzung erfahren hat, die möglicherweise als solche weitere Fortschritte gemacht hätte, wäre nicht eine neue

1) Derselbe Gang der Reactionszeiten stellt sich heraus, wenn auch die Mittel aus allen Beobachtungen ohne Ausnahme berücksichtigt werden.

Digitized by Google

Injection vorgenommen worden; 9 Minuten nach derselben tritt abermals eine ansehnliche Verlängerung der Reaktionszeit ein; auch hier spricht die zeitliche Uebereinstimmung dafür, dass diese Verlängerung eine Folge der (nun cumulirten) Morphiumwirkung gewesen ist.

In weiterer Uebereinstimmung mit den früheren Versuchen sieht man ferner, dass schon 30 — 40 Minuten darnach die Reactionszeit sich wieder bedeutend verkürzt.

Wir können somit sagen: „Subcutan injicirtes Morphium verlängert sehr rasch die Reaktionszeit, doch hält diese Wirkung nicht lange an, wenn nicht eine neue Quantität Morphium injicirt wird, oder etwa Schlaf eintritt."

Der letzte Morphiumversuch zeigt ferner, dass diese Substanz auch im Centralnervensystem eine Erregung hervorzurufen vermag, welche sich in den Symptomen kundgiebt, wie D. sie an sich selbst beobachtet hat, und die vielleicht auch die Ursache jener kurzen Mittelzahl in der letzten Beobachtungsgruppe ist.

Der letzte Versuch ist aber auch geeignet zu zeigen, dass die Leitung in den sensitiven und motorischen Cerebrospinalnerven, wie es wenigstens aus der letzten Beobachtungsreihe hervorgeht, nicht wesentlich verändert war, und dass auch die Thätigkeit der willkürlichen Muskeln, insoweit dieselben bei diesen Versuchen in Verwendung gestanden sind, keine wesentliche Aenderung erfahren habe[1]). Das Gleiche lässt sich, wie die beobachteten Symptome (Atonie der Blase etc.) darthun, nicht für die unwillkürlichen Muskeln aussagen.

Bei den Versuchen mit Morphium wollen wir schliesslich noch jener Untersuchungen gedenken, welche R. v. Lichtenfels[1]) mit der gleichen Substanz anstellte. Er war der erste, welcher die

---

1) Um Missverständnisse zu vermeiden wollen wir auch gleich erklären, dass wir damit nicht sagen wollen: es sei in Folge des Morphiums die Leitung in den Nerven und die Reizbarkeit der Muskeln nicht verändert; darüber mussten natürlich speciell ad hoc unternommene Versuche entscheiden.

2) Wir geben eine präcise Citation dieser Schrift von R. v. Lichtenfels, da sie leider in den meisten Abhandlungen ungenau angeführt wird: Ueber das Verhalten des Tastsinns bei Narcosen der Centralorgane, geprüft nach der Weber'schen Methode. In den Sitzungsber. der k. Acad. der Wissensch.; math. naturw. Classe VI Bd. Jahrg. 1851 Heft 1—5. (Jänner bis May) pag. 338—350.

Digitized by Google

Prüfung des Ortssinns vermittelst der Weber'schen Methode nach der Darreichung von essigsaurem Morphium vornahm.

Es hat sich ergeben, dass zwei Stunden nach der Einverleibung von 80 mgrm. Acet. morphii die Grenze der einfachen Empfindung (an der Dorsalfläche des rechten Unterarms 3 Zoll über dem Handgelenk bei longitudinalem Ansetzen des Zirkels in der Mittellinie) um 19 mm., jene des Beginns der deutlichen Doppelempfindung um 22 mm. auseinandergerückt war.

Auch nach 15 Stunden war eine Verrückung der beiden Grenzen noch bemerkbar gewesen.

Der auffallende Unterschied zwischen den Beobachtungen v. Lichtenfels's (Ortssinn) und den unsrigen (physiolog. Reactionszeit) liegt darin, dass sich die ansehnlichste Vergrösserung der Empfindungskreise bedeutend später zeigte und bedeutend länger anhielt, als die Verlängerung der Reactionszeit.

Es ist wohl wahr, dass Unterschiede in der Art der Einverleibung und in der Menge der eingeführten Substanz obwalten, indem v. Lichtenfels 80 mgrm. per os, wir aber nur 40 mgrm. endermatisch einführten, ein Umstand, der auch genügend ist, die Differenzen zu erklären. Wir durften jedoch bei unseren Versuchen die Dosis nicht steigern, weil, wie wir gesehen, bereits 40 mgrm. auffallende Vergiftungssymptome hervorgerufen haben.

Caffée.

Vorbemerkungen.

Mit dieser Substanz haben wir im Ganzen 5 Versuche vorgenommen und zwar 3 an D., 2 an V., und werden bei ihrer Besprechung denselben Gang einhalten, wie bei den Morphiumversuchen.

Vor allem aber sei erwähnt, dass wir absichtlich nicht die Wirkung des Coffeïns, sondern lediglich jene des Cafféabsuds im Auge haben, um eben jenes Getränk einer Prüfung zu unterziehen, das von so vielen Millionen Menschen genossen wird, und in Hinblick darauf, weil einige Physiologen die Meinung ausgesprochen haben, dass es fraglich ist, ob der Mensch den Caffé wegen seines Gehalts an Coffeïn, oder ob er ihn nicht vielmehr wegen anderer in ihm enthaltener Substanzen zu sich nehme[1]). Was die Qualität

1) Vergl. Aubert, Ueber den Coffeïngehalt etc. in diesem Arch. Bd. V. 1872 pag. 587 u. pag. 626.

Digitized by Google

der Substanz anbelangt, so wurde nur ein einziger Versuch mit einem nicht unter unseren Augen präparirten Caffé vorgenommen, für die anderen Versuche liessen wir uns aus verlässlicher Quelle eine Portion Ceylon und feinen Perlmokka- kommen, weil diesen Sorten der Ruf zukommt, die kräftigsten zu sein. Beide Gattungen in gleicher Quantität gemischt, wurden nur leicht geröstet und zu einem nicht ausnehmend feinen Pulver gemahlen. Der Absud wurde in einer sehr zweckmässigen, im Handel und in den Haushaltungen unter dem Namen „Non plus ultra" bekannten Maschine bereitet. Das Gefäss, welches das Caffépulver aufnimmt, enthielt nach mehreren Bestimmungen circa 20 grm. davon; aus dieser Menge wurde stets eine Tasse Caffé bereitet. Ein solcher Absud gab mit etwas Zucker versetzt ein vorzügliches Getränk. Dies vorausgeschickt können wir an die Besprechungen der einzelnen Versuche gehen.

Dietl 28. April 1877.

Diesem Versuche ging leider eine Bestimmung der Reaktionszeit nicht voraus.

Es wurden zweimal je eine Tasse Caffé gewöhnlicher Sorte getrunken, jede Tasse in diesem Falle aus 15 grm. Pulver in einem Kolben als Infusdecoct bereitet; die wichtigsten Resultate sind in Taf. VII enthalten und in Fig. 4 ist die zugehörige Curve gezeichnet [1]).

Die erste Beobachtungsgruppe unmittelbar nach dem Genusse der ersten Tasse Caffé angestellt ergab ein Mittel 0,1347 Sec., nur um ein sehr geringes niedriger, als das Normalmittel.

Die nächsten beiden Beobachtungsgruppen gaben schon weit kleinere Mittelwerthe, so dass jener für die ganze (I.) Beobachtungsreihe (0,1287 Sec.) um 0,0083 Sec. sich niedriger stellt als das Normalmittel. Die Schwankungen in den Beobachtungen der einzelnen Gruppen sind gering, und es kommen häufig Zahlen vor, welche bis in die 3. Decimalstelle übereinstimmen.

Nun wird eine 2. Tasse bereitet, getrunken, und sehr bald darauf (4 Minuten) die II. Beobachtungsreihe begonnen. Die Mittel aus den 3 Gruppen dieser Reihe stimmen fast vollständig überein, die kleinen Unterschiede, die man findet, zeigen, dass die Reaktionszeit eine Neigung hat sich zu verkürzen, wie denn auch in der That das Mittel der ganzen Reihe (0,1250 Sec.) etwas

1) In den Figuren für die Caffé- und Weinversuche ist die Zeit, während welcher die Einverleibung der Substanzen erfolgte, an der Abscisse und Curve durch ***** bezeichnet. Hat während des Versuchs eine längere Unterbrechung stattgefunden, sei es für einen Spaziergang oder eine Ruhepause, so ist dieselbe durch ▬ markirt.

Digitized by Google

kleiner ist, als jenes der vorhergehenden, so dass der Unterschied vom Normalmittel jetzt 0,0121 Sec. ist.

Nach einer Pause von ungefähr $^1/_2$ Stunde wurde die III. Reihe begonnen. Die 1. Gruppe ergiebt hier eine Mittelzahl 0,1292 Sec., die für den gegenwärtigen Versuch als sehr hoch bezeichnet werden muss; dagegen sind jene der nächsten 2 Gruppen schon wieder viel niedriger und besonders das Mittel der letzten Gruppe (0,1185) stellt sich am tiefsten in diesem Versuche überhaupt. Ja es erreicht das niedrigste, welches wir für D. in Tab. I verzeichnet finden. Das Mittel der ganzen III. Reihe (0,1229 Sec.) ist abermals kleiner, als bei den vorhergehenden Reihen und um 0,0142 Sec. kürzer als das Normalmittel.

Es zeigt sich somit in diesen drei Reihen ein fortwährendes Sinken, d. i. sich Verkürzen der Reaktionszeit.

Die nächste (IV.) Beobachtungsreihe, ungefähr $^1/_4$ Stunde nach der vorhergehenden angestellt, zeigt nun ein höheres Mittel (0,1284 Sec.) als alle früheren. Die darin gewonnenen Werthe verdienen jedoch nicht viel Vertrauen, weil in Folge einer am markirenden Elektromagneten eingetretenen Mangelhaftigkeit (derselbe konnte nämlich nur stossweise verschoben werden) die Aufmerksamkeit eine Störung erlitten haben mag, die sich nicht bloss in den Mittelwerthen, sondern auch durch die grössere Zahl der schlechten Beobachtungen und durch die Schwankungen der einzelnen Reaktionszeiten kundgiebt. Nur die letzte Gruppe kann noch als annehmbar bezeichnet werden, und diese zeigt, dass wenn nicht jener Zwischenfall eingetreten wäre, die Reaktionszeit höchstwahrscheinlich noch weitere Verkürzungen erfahren hätte.

Die Frequenz des Pulses war während der ganzen Versuchsdauer im Abnehmen begriffen, so dass derselbe von 88 Schlägen vor dem Caffégenusse bis etwa 2 Stunden darnach auf 76 gesunken ist.

Vor dem Versuche gab D. an, dass er ein leichtes Eingenommensein des Kopfes fühle, über das fernere Befinden während des Versuchs ist in den Protocollen leider keine Angabe mehr enthalten.

An diesem Tage herrschte übrigens in Innsbruck Sirocalwetter.

Dietl 14. Mai 1877.

Bei diesem Versuche wurden 3 Tassen Caffé der oben erwähnten Ceylon- und Moccamischung genossen und die deutlichsten Symptome der Caffé-wirkung hervorgerufen. Es ist auch hier die Reaktionszeit vor dem Caffégenusse nicht bestimmt worden, dafür aber am nächstfolgenden Tage, nachdem D. in Folge der Caffé-wirkung eine schlaflose Nacht zugebracht hatte. Diesem Versuche entspricht Tab. VIII und Fig. 5.

Die in Anwendung gekommene Quantität des Caffé's muss als sehr bedeutend bezeichnet werden, sie beträgt nämlich nicht weniger als 60 grm. Wenn nun auch die Bereitungsweise nicht gestattete, alle wirksamen Bestandtheile auszuziehen, die mit siedendem Wasser ausgezogen werden können, so beweisen doch die deutlichen Symptome des übermässigen Caffégenusses, wie

Digitized by Google

sie sich sowohl während des Versuchs, als auch während der ganzen folgenden Nacht einstellten, deutlich genug, dass wirklich eine grosse Menge wirksamer Stoffe aufgenommen wurde.

Betrachten wir nun den Versuch etwas näher.

Es wurden binnen $^1/_2$ Stunde 2 Tassen Caffé getrunken und 3 Minuten später die I. Beobachtungsreihe aufgenommen. Das Mittel der 1. Gruppe (0,1371 Sec.) stimmt mit dem Normalmittel D.'s vollkommen überein, die Mittel der nächsten Gruppen dagegen verkleinern sich stetig und entfernen sich auf diese Weise allmählig vom Normalmittel, so dass das Mittel der ganzen (I.) Reihe (0,1318 Sec.) um 0,0053 Sec. niedriger ist als jenes.

Es wird nun eine dritte Tasse Caffé genommen, deren Bereitung eine Pause von ungefähr 20 Minuten in Anspruch nimmt. 4 Minuten nach dem Genusse des Caffé's beginnt die II. Beobachtungsreihe. Das Mittel der 1. Gruppe (0,1187) ist wieder niedriger, als das aller vorhergehenden, auch giebt D. an, dass nach seinem subjectiven Ermessen das Reagiren sehr schnell erfolge, und in der That findet man in dieser Beobachtungsgruppe einige Reaktionszeiten, die noch etwas niedriger sind, als 0,1 Sec. Nach der 1. Gruppe trat eine Unterbrechung von ungefähr 10 Minuten ein, weil der Motor seine regelmässigen Dienste versagte. Aus der Ablenkung der Aufmerksamkeit lässt es sich vielleicht erklären, warum nun die Mittel der beiden nächsten Gruppen höher ausgefallen sind als jenes der ersten in dieser II. Reihe, es ist aber das Mittel der ganzen Reihe (0,1238 Sec.) immer noch niedriger als jenes der vorhergehenden und um 0,0133 niedriger als das Normalmittel D.'s. Die Reactionszeit verkleinert sich also in Folge des Caffégenusses fortwährend.

Nach dieser Reihe tritt ein Gefühl von einiger Abspannung und leichter Schwindel ein. Trotzdem wird die nächste (III.) Beobachtungsreihe bald begonnen, wo sich zeigt, dass das Mittel der 1. Gruppe (0,1261 Sec.) jenen der 2 letzten Beobachtungsgruppen der vorhergehenden Reihe gleichkommt. Aber die Werthe sinken sofort neuerdings in der 2. Gruppe auf 0,1166 Sec., in der 3. auf 0,1125 Sec., so dass sich das Mittel der ganzen III. Reihe (0,1188 Sec.) ebenfalls wieder tiefer stellt, als jenes der beiden vorhergehenden, und zwar mit Bezug auf das Normalmittel um den Werth von 0,0183 Sec. Den grössten Unterschied vom Normalmittel zeigt die letzte Gruppe der III. Reihe, er beträgt 0,0246 Sec.

Nach einer Unterbrechung von ungefähr $^1/_4$ Stunde wurde eine neue (IV.) Reihe begonnen. Während der ganzen Reihe machte sich bei D. ein Gefühl von Unruhe geltend, durch äussere Einflüsse sind die Versuchsbedingungen nicht gestört worden; sei es nun Folge der Ermüdung oder Folge jenes Zustandes, welcher mit diesem Gefühle der Unruhe verbunden war: die Mittel der beiden ersten Gruppen, dieser IV. Reihe sind etwas höher als bei denen der III. Reihe, wogegen das Mittel der letzten Gruppe ebenso klein ist, als jenes niedrige Mittel der letzten Gruppe der vorhergehenden Reihe.

Wir begegnen somit hier einer starken Schwankung in der Reaktions-

Digitized by Google

zeit, einer Schwankung, die im Verlaufe ein und derselben Beobachtungsreihe eintritt und im Abgange aller äusseren Bedingungen jedenfalls auf innere Ursachen zurückgeführt werden muss. Das Mittel dieser Reihe (0,1247 Sec.), obwohl etwas höher als jene der II. und III. Reihe, bleibt aber immer noch um 0,0124 Sec. niedriger als das Normalmittel D.'s.

Wir haben es nun für nothwendig erachtet eine längere Pause eintreten zu lassen, die benutzt wurde zu einer mässigen Bewegung in frischer Luft.

Diese Pause dauerte etwas länger als eine Stunde. Die 1. Gruppe der nach dem Spaziergange begonnenen (V.) Reihe lieferte noch ein etwas hohes Mittel (0,1289 Sec.), diess sinkt jedoch bei jeder der nächsten Gruppen neuerdings so dass das Mittel der ganzen Reihe (0,1234 Sec.) auch jetzt noch um 0,0137 Sec. kleiner ist als das Normalmittel. Abgesehen also von dieser abermaligen allerdings nur kleinen Schwankung, welche möglicherweise in der vorausgegangenen Bewegung begründet ist, hat die ganze Reihe gezeigt, dass die Wirkung des Caffés noch immer andauerte und sich deutlich in der kurzen Reactionszeit äusserte.

Die Nacht vom 14. auf 15. Mai wurde beinahe gänzlich schlaflos vollbracht und in den frühen Morgenstunden ein zweistündiger Spaziergang unternommen.

Während des nächsten Tages stellte sich das Gefühl des Uebernächtigseins ein und es wurde Vormittags 11 Uhr 19 Min., also ungefähr 17 Stunden nachdem die 1. Tasse Caffé getrunken war, noch eine (VI.) Beobachtungsreihe vorgenommen.

Die 1. Gruppe nun erwies ein sehr hohes Mittel 0,1567 Sec., die 2 nächsten aber ergaben Werthe, die sich um das Normalmittel D.'s bewegten, so dass das Mittel (0,1438 Sec.) für die ganze Reihe sich nur um 0,0067 Sec. über das Normalmittel D.'s erhebt. Die Wirkung des Caffés war jetzt vollständig vorüber und die Reactionszeit zeigte trotz der unruhigen Nacht keine auffallende Veränderung.

Die Pulsfrequenz hatte am ersten Tage unter dem Einflusse des Caffés keine Aenderung erfahren, sie blieb die ganze Zeit constant, Tags darauf dagegen war sie etwas gesunken.

Dietl 25. Mai. 1877.

Bei diesem Versuche wurde die Reaktionszeit auch vor dem Caffégenusse durch längere Zeit bestimmt. Binnen $^1/_4$ Stunde sind 2 Tassen Caffé genommen worden, auch haben wir nach dem Caffégenusse innerhalb einer Stunde 3 Beobachtungsreihen vorgenommen. Tab. IX enthält die hauptsächlichsten Resultate zusammengestellt Fig. 6 die zugehörige Curve, ausserdem sind noch die ausführlichen Protocolle beigegeben (siehe Anhang.)

Der erste Theil des Versuchs, nämlich die vier Beobachtungsreihen vor dem Caffégenusse, sind bereits im ersten Abschnitte dieser Schrift zur Besprechung gekommen, pag. 338, und können wir somit dorthin verweisen; hier sei nur bemerkt, dass das Mittel aus diesen vier Beobachtungsreihen

Digitized by Google

0,1450 Sec. beträgt und um 0,0079 Sec. höher ist als das normale Mittel Dietl's.

Nach dem Caffégenusse ist das Mittel aus der I. Reihe (0,1228 Sec.), welche 20 Minuten nach der ersten Tasse begonnen wurde, schon kürzer als das Mittel sämmtlicher Reihen vor dem Genusse.

Das Mittel der 1. Gruppe (0,1326 Sec.) aus dieser Reihe ist, obwohl kleiner als die vorhergehenden, immer noch etwas hoch, aber im Verlaufe dieser Reihe werden die Mittel in jeder nachfolgenden Gruppe kürzer (0,1175 Sec. und 0,1139 Sec.), so dass man sagen kann, es hat sich erst im Verlaufe dieser Reihe, also 20—25 Minut. nach dem Caffégenusse, die Wirkung desselben besonders deutlich geäussert.

Die nächste (II.) Reihe liefert abermals einen Mittelwerth (0,1220 Sec.), der um 0,0216 Sec. kleiner ist, als jener unmittelbar vor dem Caffégenusse, ja er wäre wahrscheinlich noch geringer ausgefallen, wenn nicht bei Anstellung der Beobachtung der 1. Gruppe die Aufmerksamkeit durch ein von der schreibenden Feder verursachtes kleines Geräusch etwas abgelenkt worden wäre. Der Einfluss desselben macht sich nicht blos in der Grösse des Mittels, sondern auch in der Schwankung der Zahlen bemerkbar, welche den einzelnen Beobachtungen entsprechen. Nachdem vor der Anstellung der nächsten Gruppe das Geräusch beseitigt war, sinkt die Reactionszeit etwas, und die einzelnen Beobachtungen zeigen auffallend kleine Schwankungen.

Im Mittel der letzten (III.) Reihe (0,1176 Sec.) hat sich neuerdings eine Verkürzung der Reactionszeit geltend gemacht, und zwar beträgt der Unterschied im Vergleiche zur letzten Reihe vor dem Caffégenusse 0,0260 Sec., die Mittel der 3 Beobachtungsgruppen liegen so nahe bei einander, wie man es bei derartigen Versuchen nur wünschen kann.

Das Mittel aus den drei Reihen nach dem Caffégenusse ist 0,1207 Sec. d. h. um 0,0243 Sec. kürzer als jenes, welches den zuvor gewonnenen Reihen entspricht[1]).

Bei diesem Versuche zeigt sich die Wirkung des Caffés auch in den Maximis und Minimis, welche beide nach der Einverleibung niedriger sind, als vor derselben.

Dieser Versuch zeigt ferner noch eine andere Erscheinung, die wohl auch bei den früheren Caffévesuchen hervorgetreten war, aber dort nicht besprochen wurde, weil man zu deren Nachweis die ausführlichen Protocolle vor sich haben muss.

Betrachtet man nämlich in denselben die Beobachtungen vor dem Caffé-

1) Genau derselbe Gang zeigt sich im Verlaufe der Reactionszeit, wenn man die Mittel aus allen Versuchen ohne Ausnahme betrachtet. Die Reactionszeit, welche vor dem Caffégenusse durch 2 Stunden zwischen 0,1515 Sec. und 0,1426 Sec. (die Mittel der Beobachtungsreihen) sich bewegte, sinkt nach dem Caffégenusse in der Weise, dass innerhalb einer Stunde blos die Schwankung zwischen 0,1239 Sec. und 0,1196 Sec. vorkommt.

Digitized by Google

genusse, so wird man bald sehen, dass sich die einzelnen Zahlen innerhalb bestimmter Grenzen fortwährend ändern, so dass selten 2 oder 3 nach einander vorgenommene Beobachtungen vorkommen, deren Zahlen bis in die 2. Decimalstelle übereinstimmen.

Ganz anders verhält es sich nach dem Caffégenusse, besonders wenn dessen Wirkung schon sehr ausgesprochen ist; die Fälle, dass 2 und mehrere hintereinander vorgenommene Beobachtungen in der 2. Decimalstelle übereinstimmen, sind sehr häufig, ja es ereignet sich nicht selten, dass in den nebeneinander stehenden Beobachtungen sogar die 3. Dezimalstelle nur einen Unterschied von wenigen Einheiten zeigt; mit anderen Worten: nach dem Caffégenusse ist gleichmässiger reagirt worden.

Der Puls wurde in diesem Versuche nicht beobachtet.

Wir gelangen nun zu der Betrachtung der zwei Cafféversuche, die an

Vintschgau.

vorgenommen worden sind.

28. Mai 1877.

Auch hier wurde die Reactionszeit vor dem Caffégenusse bestimmt, und dann binnen 15 Minuten 2 Tassen lauwarmen Caffé's genommen. Tab. X enthält die wichtigsten Resultate und Fig. 7 die dazu gehörige Curve.

Die Mittel aus den einzelnen Reihen und ein Blick auf die entworfene Curve zeigen, dass der Genuss des aus 40 grm. gewonnenen Cafféabsuds keine wesentliche Wirkung geäussert hat. Im Zusammenhange mit diesem experimentellen Ergebnisse steht auch nach der Erklärung V.'s der Abgang aller jener subjectiven Empfindungen, die mit einer Wirkung des Caffés hätten in Zusammenhang gebracht werden können [1]). Auffallend sind bei diesem Versuche die bedeutenden Schwankungen in den Mitteln der einzelnen Beobachtungspruppen, für welche sich eine hinlängliche Erklärung nicht finden lässt. Unregelmässigkeiten in den Bewegungen des Motors können die Veranlassung nicht gewesen sein, weil derselbe zufriedenstellend arbeitete, und in gleichmässigem Gange war.

Was die Schwankungen der Reactionszeiten in den einzelnen Gruppen

---

1) Um allen Umständen gerecht zu werden, wollen wir auch mittheilen, dass V. gewöhnt ist, nach dem Mittagstisch eine Tasse schwarzen Caffé und Abends 2 Schalen Thee zu nehmen. Ferner dass er vor 10 Jahren gewohnter Massen täglich 3—4 Tassen schwarzen Caffé zu trinken pflegte. Schon damals hat V. in Folgè des Caffégenusses keine subjectiven oder objectiven Erscheinungen beobachtet. So zeigen auch die gegenwärtigen Beobachtungen, wie wir beim nächsten Versuche deutlich sehen werden, dass 3 Tassen sehr starken Caffé's, die bei D. schon überaus deutliche Symptome hervorriefen, (siehe oben pag. 361), bei V. keine anderen Erscheinungen bemerken liessen, als eine Verkürzung der Reactionszeit.

Digitized by Google

anbelangt, so findet man auch hier nach dem Caffégenusse des öfteren gleichmässige Zeiten als vordem, doch ist diese Erscheinung nicht so scharf ausgeprägt, wie wir es beim letzten Caffévеrsuche an D. beobachtet haben.

Wir führten diesen Versuch eigentlich nur an, einerseits der Vollständigkeit zu genügen, anderseits weil uns derselbe zeigt, dass die Empfindlichkeit V.'s für die Wirkung des Caffés eine sehr geringe ist, wodurch der Versuch ein Analogon wird zu dem von S. Exner mit Thee angestellten, wobei nach dem Genusse dieser Substanz ebenfalls keine Veränderung der Reactionszeit bemerkbar wurde, und endlich weil wir aus diesem Versuche ersehen, dass eine Ermüdung in Folge der langen Dauer eines Versuchs entweder gar keine Wirkung äussert, oder es müsste dann die Ermüdung durch die Wirkung des Caffés paralysirt werden, eine Alternative, deren Entscheidung erst durch andere Versuche herbeigeführt werden muss.

Der Puls wurde nicht untersucht. Ein besseres Resultat lieferte der nun folgende 2. Caffévеrsuch bei

Vintschgau 1. Juni 1877.

Derselbe fiel auf einen Tag, an welchem die Gemüthsstimmung V.'s eine sehr deprimirte gewesen ist; um eine sichere Wirkung des Caffés zu erzielen, wurden in 2 Absätzen 3 Tassen Caffé genossen. Tab. XI enthält die gewöhnliche Zusammenstellung, Fig. 8 die zugehörige Curve, ausserdem sind im Anhange die ausführlichen Protocolle beigegeben.

Ueber die 2 vor dem Caffégenusse vorgenommenen Reihen haben wir schon im ersten Abschnitte berichtet pag. 343 und wollen diessorts nur bemerken, dass hier nicht blos die Mittel der ganzen Reihen, sondern auch die Mittel aus den einzelnen Beobachtungsgruppen sehr gut untereinander übereinstimmen, indem die Schwankung bei den letzteren nur 0,0061 Sec. beträgt, eine Grösse, die bei solchen und ähnlichen Versuchen als verschwindend klein angesehen werden kann.

Binnen $^1/_2$ Stunde werden 2 Tassen Caffé genommen und 5 Minuten darauf schon die erste Reihe begonnen. Diese Reihe zeigt uns die auffallende Erscheinung, dass das Mittel aus der 2. Gruppe (0,1491) sehr klein ist, während die Mittel der ersten (0,1683) und 3. Gruppe (0,1680 Sec.) sehr gut übereinstimmen. Aus Unregelmässigkeiten des Motors lässt sich dieser Unterschied nicht herleiten, weil die Umdrehungsgeschwindigkeit des Cylinders sich bei jeder Zählung constant erwies.

Es ist weiter zu bemerken, dass von den 8 Beobachtungen der 1. Gruppe mit Ausnahme einer einzigen und zwar der letzten mit 0,1385 Sec. die übrigen 7 eine auffallend kleine Schwankung erweisen, und zwar von 0,1841 und 0,1650 Sec. Von den 9 Beobachtungen der 2. Gruppe gab nur die erste 0,1691 Sec., die übrigen 8 dagegen bewegen sich zwischen 0,1569 und 0,1389 Sec., also wieder zwischen sehr engen Grenzen, und in der 3. Gruppe endlich finden wir eine gleich geringe Schwankung in den Beobachtungen, nämlich zwischen 0,1778 und 0,1588 Sec. In Erwägung aller dieser Umstände lässt sich eine Erklärung für die kurze Reactionszeit der 2. Gruppe nicht wohl aus äusseren Ur-

Digitized by Google

sachen ableiten, man könnte vielleicht die Vermuthung aussprechen, dass die Wirkung des Caffés sich eben zu äussern begann, aber nicht zum vollen Durchbruche zu kommen vermochte, dass um figürlich zu sprechen gewissermassen ein Kampf bestand, welcher erst nachträglich zu Gunsten des Caffés endete. Eine physiologische Erklärung ist damit freilich nicht gegeben. Das Mittel dieser I. Reihe 0,1607 Sec. ist bereits um 0,0122 Sec. kleiner als jenes vor dem Caffégenusse.

In der II. Reihe bekommen wir ein noch niedrigeres Mittel (0,1587 Sec.) und der Unterschied ist nun bereits auf 0,0132 Sec. herangewachsen, was aber vielleicht noch wichtiger ist, die Mittel der einzelnen Gruppen in dieser Reihe sind im fortwährenden Sinken begriffen, mit anderen Worten: Die Reaktionszeit wird allmählig aber stetig kürzer.

Während der nun folgenden Unterbrechung von ungefähr 20 Minut. wird eine dritte Tasse Caffé getrunken. Die III. und IV. Beobachtungsreihe, die innerhalb der folgenden halben Stunde vorgenommen werden, ergeben Mittel (0,1433 Sec. und 0,1450 Sec.), die unter sich so gut wie gleich sind, ja noch mehr, auch die Mittel der einzelnen Beobachtungsgruppen der beiden Reihen sind sämmtlich gleich, denn der grösste Unterschied beträgt nur 0,0027 sec. Der Unterschied zwischen dem Mittel aus den Reihen III u. IV und jenem vor dem Caffégenusse ist nun bis auf 0,0296 Sec. angewachsen, um welche Grösse sich also die Reaktionszeit verkürzt hat; ja es ist das Mittel der beiden letzten Reihen auch schon unterhalb das Normalmittel V.'s gesunken, und so niedrig geworden, wie es bei V. verhältnissmässig selten beobachtet wurde (siehe Tab. II).

Aus dem Protocolle wird ersichtlich, dass während der IV. Reihe sich ein Gefühl von Abspannung geltend gemacht hat (möglicherweise in Folge des Arbeitens) und dass auch bei der letzten Gruppe die Aufmerksamkeit etwas abgelenkt gewesen ist. Diese Erscheinung findet einen sehr deutlichen Ausdruck in den einzelnen Beobachtungen, die einerseits sehr schwankende Zahlen liefern, während anderseits viele als „zu spät" bezeichnet sind und bei der Berechnung des Mittels vernachlässigt werden mussten.

Aus dem erwähnten Grunde wurde nun eine Pause von $^1/_2$ Stunde eingeschaltet, uud darauf ergab in der That die letzte (V.) Reihe eine Mittelzahl (0,1385 Sec.), welche um 0,0344 Sec. kleiner ist, als jene vor dem Caffégenusse, ja noch kleiner als das niedrigste von jenen Mitteln, die in Tab. II verzeichnet sind und auch um 0,0147 Sec. kleiner, als das Normalmittel V.'s.

Auch bei dieser Reihe stimmen wieder die Mittelwerthe der 3 Versuchsgruppen ziemlich gut überein; die Schwankungen in den einzelnen Beobachtungen sind nicht ansehnlich, und die Zahl der mit „zu spät" bezeichneten ist nicht sehr gross, aber immerhin etwas grösser als bei der I., II. und III. Reihe.

Endlich sei noch erwähnt, dass V. angab, es komme ihm vor, als ob die Reaction nicht rasch genug erfolge, ähnliches ist auch von D. bei den Caffévesuchen manchmal ausgesagt worden.

Digitized by Google

Es scheint uns, als wenn die Momente, welche die Reactionszeit abgrenzen und somit diese selbst mit solcher Deutlichkeit zum Bewusstsein gelangen, dass eben bei der Schätzung des Intervalls eine längere Dauer supponirt wird: der Beobachtete bezieht diess jedoch auf eine (scheinbar) zu langsam erfolgte Contraction der Muskeln, obzwar dieselben in Wirklichkeit ganz prompt gehorcht haben.

Die wenigen Bestimmungen der Pulsfrequenz haben keine Aenderung derselben gezeigt.

Wir haben also aus diesem Versuche ersehen, dass innerhalb $3^1/_2$ Stunden die Reactionszeit von 0,1729 Sec. bis auf 0,1385 Sec. reducirt werden konnte, und zwar vorzugsweise in Folge der Wirkung des Caffés, denn wenn man auch einwenden wollte, dass die Reaktionszeit zu Anfang ausnahmsweise sehr lang war, und dass die Verkürzung auf Rechnung der eingetretenen Beruhigung der Gemüthsstimmung zu setzen sei, so müsste doch erwiedert werden, dass es undenkbar ist, wie die Beruhigung binnen 3 Stunden so mächtig wirkt, dass die Reaktionszeit um ein Bedeutendes unter die Normalgrösse sinkt, indem bekanntlich deprimirende Gemüthsaffekte erst nach Tagen sich verwischen, auch haben wir gesehen, wie bei D., trotzdem $2^1/_2$ Stunden experimentirt wurde, die Reaktionszeit nach dem Gemüthsaffekte nicht einmal bis zur normalen Grösse herabgedrückt werden konnte[1]).

Was die Gleichförmigkeit der Reaktionszeiten betrifft, so ist sie bei diesem Versuche nach dem Caffégenusse ebenfalls nicht zu verkennen, aber nicht so prägnant, wie sie sich bei jenem an D. vorgenommenen (p. 364 u. f.) gezeigt hat.

Stellen wir nun die mit dem Caffée erhaltenen Resultate zusammen, so erweisen die Versuche ganz deutlich, dass durch den Caffée die Reactionszeit auffallend verkürzt werden kann.

Die Verkürzung tritt gewöhnlich 20—25 Minuten nach Beginn der Einverleibung ein. Diese aproximative Zeitbestimmung (eine andere ist bei solchen Versuchen wohl überhaupt nicht zulässig) gilt eben für die in diesen Fällen in Anwendung gekommene Art der Einverleibung. Sie wird möglicherweise wesentlich verrückt, wenn wir in der Lage sind, mit jenem wirksamen Bestandtheile, der hier in Frage käme, nach der zweckmässigsten Methode zu experimentiren.

---

1) Der Gang des Versuches gestaltet sich ganz gleichermassen, auch wenn die Mittel aus allen Beobachtungen ohne Ausnahme berücksichtigt werden, dasselbe stellt sich auch heraus bei Betrachtung der Maxima und Minima, welche beide vor dem Caffégenusse höher sind als nachher.

Digitized by Google

Unsere Versuche zeigen ferner, dass die Wirkung des Caffés eine andauernde ist. Während jene des Morphiums (selbstverständlich blos in Beziehung auf die physiologische Reactionszeit) in einer Stunde ungefähr bereits nicht mehr zur Wahrnehmung kommt, konnten wir dagegen die Verkürzung der Reactionszeit nach dem Caffégenusse noch nach 2 Stunden beobachten, und es wäre vielleicht möglich gewesen, dieselbe noch später vorzufinden, wenn die Beobachtungen hätten länger fortgesetzt werden können.

Wein.

Der mässige Genuss des Weines versetzt den Menschen bekanntermassen in einen Zustand meist angenehmer Erregung und heiterer Stimmung, während bei übermässigem Genusse ein Stadium des Berauschtseins eintritt, das gewöhnlich in eine allgemeine Erschlaffung übergeht. Das Verhalten der Reactionszeit während des durch mässigen Weingenuss erzeugten Zustandes der Erregung kennen zu lernen, war die Aufgabe der nachfolgenden Versuche; bei der Wahl der Weinsorte mussten daher folgende Punkte berücksichtigt werden.

Vorerst musste eine solche gewählt werden, die im Allgemeinen leicht vertragen wird, da wir uns nicht zu den „Weintrinkern" rechnen dürfen, indem der eine von uns etliche halbe Liter Pilsner Bier, der andere täglich höchstens einen halben Liter Tischwein, zum grössten Theil mit Wasser verdünnt, geniesst.

Auch war es wünschenswerth, dass die in Folge des Weingenusses zu gewärtigenden Erscheinungen bald verschwinden, endlich musste man jenen Wein vorziehen, von dem sich am ehesten eine erregende Wirkung erwarten liess. Allen diesen Bedingungen schien uns der Champagner-Wein am meisten zu entsprechen, und wir trachteten daher aus verlässlicher Quelle Roederer charte blanche zu bekommen; nur ein einziger Versuch wurde mit gewöhnlichem Tiroler Tischwein vorgenommen, bei allen übrigen wurde Champagner verwendet, nachdem er jedesmal vorher gut gekühlt war.

Wir bemerken hier nochmals ausdrücklich, dass bei den Versuchen die Geistesfunktionen durchaus ungestört blieben, und die wenigen anderweitig beobachteten Symptome höchst gering waren.

Nach dieser einleitenden Bemerkung gehen wir zu der Beschreibung unserer Versuche über.

Digitized by Google

Dietl, 25. Juni 1877.

Bei diesem Versuche ist die Reactionszeit vor dem Weingenusse bestimmt worden; in 2 Abtheilungen trank der Beobachtete im Ganzen $^4/_8$ einer Flasche Champagner. Gegen Ende des Versuches erfolgte ein mässiger Spaziergang in freier Luft. In Tab. XII sind die hauptsächlichsten Resultate enthalten und in Fig. 9 die dazu gehörige Curve entworfen.

Vor dem Weingenusse stimmen die Mittel der beiden Reihen sowohl untereinander, als auch mit dem Normalmittel D.'s sehr gut überein, wenngleich die Mittel der einzelnen Gruppen einige auffallende Schwankungen aufweisen, die einer näheren Besprechung bedürfen. Eine solche erwähnenswerthe Schwankung findet sich gleich in der I. Reihe zwischen den Mitteln der 1. und 2. Gruppe (0,1298 und 0,1386), dieselbe ist jedoch bei der Betrachtung der Mittel aus sämmtlichen Beobachtungen ohne Ausnahme nicht so besonders ersichtlich. Es ist immerhin möglich, dass die etwas höheren Zahlen in der 2. und 3. Gruppe der I. Reihe bedingt sind durch eine Ableitung der Aufmerksamkeit, weil, wie aus den Zeitangaben ersichtlich ist, nach der 1. Gruppe 15 Minuten verstrichen, während welcher der nicht ganz entsprechende Gang des Motors regulirt werden musste. Dem entsprechend finden sich auch in den ersten Gruppen der II. Reihe sehr gut übereinstimmende Mittelwerthe 0,1319 und 0,1314 Sec., die auch nicht viel verschieden sind von den Mitteln der 1. Gruppe der I. Reihe. Dagegen ist aber das Mittel der 3. Gruppe 0,1489 Sec. in der II. Reihe sehr hoch, ohne dass wir im Stande wären, für diese plötzliche und unvermittelte Verlängerung der Reactionszeit eine hinlängliche äussere Ursache aufzufinden.

Die grosse Schwankung, wie sie in den 5 Beobachtungen dieser letzten Gruppe erscheint (siehe Col. 10) hängt aber blos ab von einer Beobachtung allein, welcher eine kurze Reactionszeit entspricht; die 4 übrigen zeigen eben längere Zeiten mit der geringen Schwankung von 0,016 Sec. Man könnte Angesichts dieser hohen Zahlen hier an den Einfluss der Ermüdung denken.

Es wird nun eine Portion Wein getrunken und ungefähr 23 Minuten nach dem Beginne des Trinkens und nur 2 Minuten nach Beendigung desselben die I. Beobachtungsreihe vorgenommen.

Dass der Wein schon theilweise resorbirt war, erhellt aus den Angaben D.'s, welche über ein allgemeines Gefühl der Behaglichkeit und leichte Congestionen zum Kopfe berichten, nur gegen Ende der Beobachtungsreihe stellte sich ein Gefühl von Mattigkeit ein.

Das Mittel dieser Reihe (0,1379) stimmt mit dem Normalmittel D.'s überein und unterscheidet sich kaum von jenem vor dem Weingenusse, wichtiger als diess ist die Erscheinung, dass die Mittel der 3 Versuchsgruppen dieser Reihe im stetigen Sinken begriffen sind, so dass das Mittel der letzten Gruppen nicht viel verschieden ist von den niedrigsten Mittelwerthen, welche bei einigen Gruppen vor dem Weintrinken erhalten wurden.

Schon 10 Minuten nach Vollendung der I. Reihe wird die II. begonnen, deren Mittel (0,1260 Sec.) um 0,0099 Sec. niedriger ist, als jenes vor dem

Digitized by Google

Weingenusse. In den 3 Gruppen zeigen die Mittelwerthe sehr kleine Schwankungen, so dass der grösste Unterschied zwischen ihnen nur 0,0068 Sec. beträgt. Im Verlaufe des Versuchs bestand bloss die Empfindung, wie man sie beim mässigen Weingenuss verspürt, und wie sie sich eben nicht weiter beschreiben lässt.

In der nun folgenden kleinen Pause von $^1/_4$ Stunde wurde noch eine kleine Portion Wein getrunken, und dann die III. Reihe begonnen, während welcher D. angiebt, dass das Fangen des Zeichens an der Scheibe bei der Zählung der Umdrehungsgeschwindigkeit des Cylinders mit einiger Schwierigkeit verbunden sei. Trotzdem stimmen seine Angaben bei den Zählungen mit jenen des anderen Assistenten bis auf $^1/_4$ Umdrehung vollkommen überein. Das Mittel dieser Reihe (0,1264 Sec.) ist genau so gross, wie jenes der vorhergehenden, und die Mittel der 3 Gruppen stimmen unter einander so gut überein, dass ihr grösster Unterschied nur 0,0038 Sec. beträgt.

Es wurde nun theils, um sich einige Erholung nach der Anstrengung bei den Versuchen zu gönnen, theils weil es bekannt ist, dass frische Luft die Wirkung des Weines steigert oder sie wenigstens zum vollem Ausbruche bringt, ein mässiger Spaziergang unternommen, bei dem sich die Conversation um sonst gleichgültige Dinge drehte. Ins Laboratorium zurückgekehrt gab D. die subjectiven Symptome zu Protocoll, worauf die IV. Reihe begonnen wurde.

Das Mittel derselben 0,1378 Sec. ist wieder eben so hoch, wie jenes vor dem Weingenusse, ja die Mittel der beiden ersten Beobachtungsgruppen (0,1421 und 0,1438 Sec.) sind sogar etwas höher, als die meisten Gruppenmittel vor dem Weintrinken.

Nur die letzte Gruppe dieser Reihe giebt aber plötzlich und unvermittelt wieder einen niedrigen Mittelwerth 0,1197 Sec. und zwar niedriger als alle anderen in diesem Versuche beobachteten.

Obwohl dieses Mittel nur aus 4 Beobachtungen resultirt, beansprucht es doch einen bestimmten Werth, weil der Motor regelmässig arbeitete, die Einzelnbeobachtungen ganz gut mit einander übereinstimmen (dieselben zeigen nur eine Schwankung von 0,0105 Sec.) und endlich, weil die ganze nächste Reihe ein von dem Mittel dieser Gruppe kaum verschiedenes liefert.

Das Fixiren des Zeichens an der Scheibe gelang bei dieser und der nächsten Reihe ohne Schwierigkeit.

10 Minuten nach Vollendung der vorhergehenden Reihe wurde die V. und letzte begonnen. Ihr Mittel (0,1218 Sec.) ist das kleinste, das wir überhaupt bei den Reihen dieses Versuchs beobachtet haben, und um 0,0141 kleiner als jenes vor dem Weingenusse. Auch bei den 3 Beobachtungsgruppen stimmen die Mittelwerthe so gut überein, dass der Unterschied zwischen ihnen blos 0,0034 Sec. beträgt.

Der Puls hat in Folge des Weingenusses in seiner Frequenz eine kleine Zunahme erfahren, die aber nicht so lange anhält, als die Verkürzung der Reactionszeit.

Digitized by Google

Sieht man nun von den kleinen Schwankungen ab, so scheint dieser Versuch dafür zu sprechen, dass in Folge nicht übertriebenen Wein-(Champagner)genusses die Reactionszeit sich verkürze, und zwar anhaltend, indem sie bei diesem Versuche ungefähr $2^1/_2$ Stunden währte, es scheint weiter, dass die sehr mässige Bewegung in der freien Luft eine kurzdauernde Verlängerung der Reaktionszeit verursacht habe [1]).

Dietl 2. Juli 1877.

Dieser Versuch unterscheidet sich von den vorhergehenden insoweit, als bereits am Vormittage eine Bestimmung der Reactionszeit vorgenommen und Nachmittags in 2 Portionen eine ganze Flasche Champagner getrunken wurde. Auf Tab. XIII findet man die hauptsächlichsten Resultate zusammen gestellt und in Fig. 10 die zugehörige Curve.

Ueberblickt man hier die Mittelzahlen, oder noch besser die entsprechende Curve, so bemerkt man sofort, dass, abgesehen von den kleineren Schwankungen, im Allgemeinen die Reactionszeit im Steigen begriffen ist, so dass dieselbe bei der letzten Beobachtungsreihe eine Länge erreicht, die wir bei D. höchst selten beobachtet haben. Wir wollen nun auf die Betrachtung der Mittel etwas näher eingehen.

Dieselben stimmen bei den 3 Gruppen der Vormittagsreihe ziemlich gut überein, aber sie sind, wie auch das Mittel der ganzen Reihe (0,1478 Sec.) höher als das Normalmittel D.'s und zwar beträgt der Unterschied 0,0102 Sec., also in runder Zahl 0,01 Sec. Mehrere Gründe können beigetragen haben, diese für D. so lange Reactionszeit zu verursachen.

Eine beinahe schlaflos vollbrachte Nacht, das Eingenommensein des Kopfes, besonders im Hinterhaupte, die Neigung zum Schwindel dürfen durchaus nicht ausser Acht gelassen werden. Dazu kommt noch der Umstand, dass man sich vor dieser Beobachtungsreihe einige Zeit mit der Regulirung des Motors beschäftigen musste, dass sogar eine schon früher begonnene Beobachtungsreihe nicht einmal zu Ende geführt werden konnte, weil der Motor nicht entsprochen hatte.

Die I. Reihe des Nachmittags ergiebt dagegen ein Mittel 0,1253 Sec., das nicht blos kleiner ist, als jenes der Vormittagsreihe, sondern auch kleiner als das Normalmittel D.'s.

Bezüglich dieser Beobachtungsreihe können aber einige Bemerkungen nicht umgangen werden: Die 1. Gruppe giebt einen von dem Normalmittel nicht viel verschiedenen Werth, nämlich 0,1306 Sec., die 2. dagegen das niedrigste Mittel 0,1158 Sec., das in diesem Versuche beobachtet wurde, welches sogar zu den niedrigsten gehört, die überhaupt bei D. zum Vorscheine kommen. Wie diese Verkürzung der Reactionszeit zu erklären ist, wissen wir nicht. Während der Beobachtungsreihe machten sich allerdings mehrere

1) Das gleiche Verhalten ergiebt sich bei Betrachtung der Mittel aus sämmtlichen Beobachtungen ohne Ausnahme, wie auch nicht zu verkennen ist, dass sowohl die Maxima als auch die Minima etwas kleiner geworden sind.

Digitized by Google

Umstände geltend, die für ihren normalen Verlauf nicht förderlich sein konnten. Schon vor Beginn der Reihe musste einige Zeit darauf verwendet werden, den Motor zu reguliren, der auch während der 1. Gruppe ganz gut im Gange blieb; als dagegen die Beobachtungen der 2. Gruppe vorgenommen wurden, nahm seine Geschwindigkeit so wesentlich ab, dass wir uns genöthigt fanden, jene zu vernachlässigen. Nach einer neuerlichen Regulirung arbeitete der Apparat dann ganz prompt sowohl für die 3. Gruppe (2. der Tab.), sowie auch fürderhin.

Während der Anstellung dieses Versuchs entlud sich auch ein kleines Gewitter, und im Arbeitszimmer wurde es dabei so finster, dass man sich des Gaslichtes bedienen musste.

Auch litt D., wie am Vormittage, an leichten Kopfschmerzen im Hinterhaupte und Congestionen.

Bezüglich der einzelnen Beobachtungen ist zu erwähnen, dass dieselben in der 1. Gruppe mit Ausnahme einer einzigen, auch weggelassenen, blos eine Schwankung von 0,0282 Sec. aufweisen, in der 2. Gruppe musste von der geringen Anzahl von 5 Beobachtungen ebenfalls eine ausfallen, die übrigen 4 haben eine Schwankung von 0,0404 Sec.

Das einfachste wäre, diese ganze Reihe unberücksichtigt zu lassen, was für die folgenden Betrachtungen auch geschieht. Hier hat sie lediglich der Vollständigkeit halber Platz gefunden. Im weiteren Verlaufe des Versuchs liess dann die Thätigkeit der Apparate auch nichts zu wünschen übrig.

Ueber die II. Reihe finden wir nichts zu bemerken, die Mittel der einzelnen Gruppen zeigen eine ziemlich gute Uebereinstimmung und das Mittel der Reihe selbst 0,1277 ist auffallend kleiner, als der am Vormittag angestellten.

Es wird nun innerhalb 16 Minuten etwas mehr als die Hälfte der Flasche getrunken, Kopfschmerzen und Congestionen hatten sich wesentlich vermindert. Obwohl D. angab den Wein zu spüren, vergieng doch die eigentliche Phase der Aufregung sehr rasch. Die zwei nun innerhalb $^1/_2$ Stunde vorgenommenen Reihen (I und II) zeigen kaum eine erwähnenswerthe Erscheinung. Die Reactionszeit ist in beiden gleich (0,1293 und 0,1294) Sec. und die Mittel der Gruppen weichen sehr wenig von einander ab, so dass deren Unterschied für diese 6 Beobachtungsgruppen nur 0,0086 Sec. beträgt.

Darauf wird binnen 8 Minuten der Rest der Flasche ausgetrunken.

Die III. Reihe, 5 Minuten nach dem Austrinken des Weins begonnen, giebt nun ein Mittel, 0,1353 Sec., das nur um weniges höher ist, als das der beiden vorhergehenden, der Unterschied ist so klein, dass er kaum ins Gewicht fallen würde, und nur in Hinsicht auf das Mittel der nächsten (IV.) Reihe (0,1446) eine Bedeutung erlangt. Diess ist nun nämlich wesentlich höher, als alle jene, wie wir sie am Nachmittag erhielten, es übersteigt bereits das Normalmittel D.'s und ist um 0,0169 Sec. höher, als jenes vor dem Weingenusse.

Auffallend ist in dieser Reihe, dass vorzugsweise in der 2. Gruppe

Digitized by Google

sehr hohe Zahlen vorkommen und somit ihr Mittel (0,1511 Sec.), sich bedeutend über die übrigen beiden erhebt. Eine äussere Veranlassung hat sich für diese Erscheinung nicht auffinden lassen.

Nun folgt eine sehr mässige Bewegung in freier Luft, und darauf ungefähr eine Stunde nach Vollendung der IV. Reihe die V. Diese zeigt wohl ein kleineres Mittel (0,1346 Sec.), als die vorhergehende, aber dasselbe bleibt noch immer um 0,0069 Sec. höher als jenes vor dem Weingenusse. Man könnte glauben, dass in diesem Falle durch die Bewegung in der freien Luft die aufregende Wirkung des Weines etwas angefacht sei, aber der Zustand dauert nicht lange an, denn die letzte (VI.) Reihe, 10—12 Minuten nach der V. begonnen, erweist ein sehr hohes Mittel (0,1551 Sec.), das höchste überhaupt für diesen ganzen Versuch und zwar um 0,0274 Sec. höher, als jenes vor dem Weingenusse.

Allerdings werden die Mittelwerthe aller Gruppen in dieser Reihe successive kleiner, jedoch nicht besonders rasch, und es scheint fast, als ob das Gefühl eines lebhaften Bedürfnisses von Ruhe und Musse, wie es D. vor Anstellung der Reihe äusserte, nur durch Willenskraft und angestrengte Aufmerksamkeit theilweise paralysirt worden sei [1]).

Der Puls hatte in Folge des Weingenusses eine Beschleunigung erfahren.

Während also im vorhergehenden Versuche der Genuss des Weines eine unleugbare successive Verkürzung der Reactionszeit verursachte, die durch den Spaziergang etwas aufgehalten wurde, sehen wir bei diesem Versuche eine entschiedene successive Verlängerung der Reactionszeit, welche durch den Spaziergang eine Unterbrechung erfuhr, es hat sich also in diesen beiden Versuchen eine ganz entgegengesetzte Wirkung dieses Getränkes geltend gemacht.

Als nächstliegende Ursache dieser Erscheinung möchten wir die etwas verschiedene Weinquantität und die Umstände, wie dieselbe einverleibt wurde, ansprechen.

Das erstemal wurde blos $^4/_5$ einer Flasche getrunken, und zwar so vertheilt, dass die grössere Quantität innerhalb 25 Minuten und erst 50 Minuten später die kleinere Quantität binnen 5 Minuten zur Verwendung kam. Das zweitemal trank D. eine ganze Flasche und zwar die erste grössere Menge binnen 17 Minuten, die zweite bereits $^1/_2$ Stunde später binnen kaum 10 Minuten.

Es mögen aber noch andere Umstände vielleicht massgebend gewesen sein. Während beim ersten Versuche die Reactionszeit vor dem Weingenusse sich beinahe gleich stellt der Normalgrösse, bewegte sie sich beim zweiten zuvor schon unterhalb derselben, während ferner beim ersten Versuche D. vor dem Weingenusse keine auffallende Symptome anführte, wurden dagegen

---

1) Die Betrachtung der Mittel aus sämmtlichen Beobachtungen, sowie jene der Maxima und Minima liefert uns keine anderen Ergebnisse als die eben mitgetheilten.

Digitized by Google

deren mehrere beim 2. Versuche kundgegeben, die jedoch nach dem Weingenusse verschwanden. Endlich wäre noch zu erwähnen die Aussage D.'s, gemäss welcher nach seiner subjectiven Empfindung schon um 4,23 h., also sehr bald nachdem die erste Portion ausgetrunken war, die aufregende Wirkung des Weines verschwunden gewesen sei.

Dietl 19. Juli 1877.

In diesem Versuche wurde ebenfalls wie bei den eben besprochenen eine ganze Flasche Champagner getrunken, jedoch mit dem Unterschiede, dass das Trinken successiv erfolgte und sich auf eine ganze Stunde vertheilte, dass ferner fortwährend theils unmittelbar nacheinander, theils durch Vermittlung nicht besonders langer Pausen Beobachtungen vorgenommen, und auch sehr lange nach dem Weingenusse ausgedehnt wurden. Tab. XIV enthält die hauptsächlichsten Resultate und Fig. 11 die zugehörige Curve.

Bei deren Betrachtung ersieht man alsbald, dass die Reactionszeit während $3^1/_2$ Stunden nach dem Beginne des Weintrinkens sich immer fortwährend unterhalb dem Normalmittel D.'s hält, so dass dieselbe trotz der gewiss nicht unbeträchtlichen aus der Vornahme der Versuche erfliessenden Anstrengung durchaus nicht lang wird; wenn auch hie und da eine plötzliche Verlängerung auftritt, so lässt sich dieselbe auf eine Ablenkung der Aufmerksamkeit zurückführen. Weniger leicht zu erklären, ja meistens unerklärlich dürften dagegen sich uns die plötzlichen Verkürzungen der Reactionszeiten gestalten.

Die erste Beobachtungsreihe vor dem Weingenusse zeigt ein ziemlich hohes Mittel (0,1489 Sec.), das vorzugsweise von jenen der beiden ersten Gruppen abhängt. Die Apparate hatten nicht gut gearbeitet, die Feder des Schreibapparates schleifte etwas zu stark über das Papier, wodurch wahrscheinlich die Aufmerksamkeit etwas gehemmt wurde, um so wahrscheinlicher, als die Mittel der 3 Gruppen der nächsten Reihe dann gut übereinstimmen und das Mittel der Reihe selbst (0,1376 Sec.), dem Normalmittel D.'s gleicht.

In der I. Reihe nach Beginn des Weingenusses finden wir nichts auffallendes, ihr Mittel beträgt 0,1356 Sec. und in den 3 Gruppen zeigen die Mittel einen Unterschied von blos 0,0061 Sec.

In der II. Reihe ist durch die mittlere Gruppe ein sehr hohes Mittel (0,1461 Sec.) eingeschoben, wodurch auch jenes der Reihe (0,1348 Sec.) nicht so niedrig ausfällt, als es ohne die Beobachtungen der 2. Gruppe sein könnte.

Die Protocolle ergeben auch, dass zwischen der 1. und 2. Gruppe wieder eine Regulation des Motors nothwendig war, ein Umstand, den wir schon öfter zur Erklärung verlängerter Reactionszeiten heranzuziehen uns bemüssigt fanden.

Die Ursache der Verlängerung war in diesem Falle wirklich eine momentane, wie man daraus ersieht, dass die folgende 3. Gruppe der II. Reihe, sowie auch die Gruppen der III. Reihe verhältnissmässig kleine Werthe lieferten. Das Mittel dieser III. Reihe (0,1303 Sec.), ist um 0,0073 Sec. kleiner, als jenes unmittelbar vor dem Weingenusse. D. gab an, die Wirkung des

Digitized by Google

Weines deutlich zu spüren, und jenes behagliche Gefühl zu haben, wie es beim Genusse des Weines auftritt. Mit Ende der III. Reihe war die Flasche leer getrunken.

Die 1. Gruppe der IV. Reihe lieferte noch ein niedriges Mittel (0,1254 Sec.), die nächsten beiden geben schon etwas höhere Mittel (0,1380 Sec. und 0,1341 Sec.). Wir vermögen jedoch nicht zu entscheiden, ob diese Verlängerung auf eine äussere Veranlassung zurückzuführen sei, oder vielmehr lediglich anderen, inneren Ursachen zugeschrieben werden müssen. Letzteres scheint nicht unwahrscheinlich, da in der nächsten (V.) Reihe leichte Eingenommenheit des Kopfes angegeben wurde.

Die 3 Gruppen der V. Reihe erweisen eine fortwährende Abnahme der Reactionszeit in der Art, dass das Mittel der 3. Gruppe derselben die kürzeste Reactionszeit vorstellt, welche überhaupt in diesem Versuche zur Beobachtung kam. Es ist das Mittel dieser Gruppe um 0,0248 sec. kürzer, als jenes der Reihe vor dem Weintrinken und obwohl bei dieser Gruppe nur 4 brauchbare Beobachtungen gewonnen wurden, müssen dieselben anbetracht ihrer kleinen Schwankung von 0,0113 Sec. doch berücksichtigt werden.

Für die V. Reihe ist das Mittel 0,1283 Sec. um 0,0093 Sec. niedriger, als jenes der Reihe vor dem Weingenusse.

Nach einer Pause von ungefähr $^1/_2$ Stunde wurde die VI. Reihe aufgenommen; bei allen 3 Gruppen derselben sind die Mittel verhältnissmässig hoch, eine Erscheinung, die in den Angaben D.'s ihre Begründung findet, gemäss deren derselbe, obwohl sein Gang noch durchaus gerade war und die Bewegungen vollends sicher ausgeführt werden konnten, doch das Gefühl wie beim beginnenden Rausche empfand. Das Mittel der Reihe ist 0,1351 Sec. Nach einer neuerlichen Unterbrechung von $^1/_2$ Stunde haben wir dann 2 weitere Beobachtungsreihen vorgenommen; hier zeigt sich in der VII. Reihe die Reactionszeit nicht auffallend verändert (0,1331 Sec.), in der VIII. Reihe dagegen erfahren die Mittel der 3 Gruppen eine fortwährende Abnahme derselben, wodurch das Mittel der letzten Gruppe ziemlich niedrig ausfällt.

Die Pulsfrequenz verminderte sich, nachdem das erste Glas getrunken war, später dagegen trat eine Zunahme von 12—14 Schlägen in der Minute ein.

Wenn wir nun die Wirkung des Weines auf die Reactionszeit bei D. näher betrachten, so erweist sie sich bei ihm als sehr inconstant; beim letzten Versuche, in welchem der Wein successive getrunken wurde, finden wir eine kleine Verkürzung der Reactionszeit, die, abgesehen von den unvermeidlichen Schwankungen, längere Zeit anhält. Beim zweiten Versuche dagegen, in dem eine ganze Flasche auf zweimal ausgetrunken wurde, ist die Reactionszeit verlängert worden; beim ersten Versuche endlich, bei welchem nur $^4/_5$ einer Flasche genommen wurde, zeigte sich eine Vermin-

Digitized by Google

derung der Reactionszeit, die nur durch eine Promenade etwas unterbrochen wird.

Aus diesen 3 Versuchen lässt sich somit kaum etwas Sicheres über die Wirkung des Weins in dieser Hinsicht sagen, es scheint, als ob dieselbe nicht immer gleich ausfiele, indem der physische Zustand des Individuums sich vornehmlich geltend macht in der Art, dass bald die aufregende Wirkung, bald die deprimirende die Oberhand gewinnt.

Eben weil die Wirkung keine besonders ausgeprägte war, unterliessen wir es Versuchsprotocolle mitzutheilen. Die Tabellen und die Curven genügen vollständig, die spärlichen Resultate überblicken zu lassen.

Vintschgau 4. Mai 1877.

Es war dieser Versuch der erste von denen, die wir überhaupt mit Wein vorgenommen haben, und zwar kam hier gewöhnlicher Tiroler Tischwein zur Verwendung (im Ganzen $^1/_2$ Liter). Vor dem Trinken wurde die Reactionszeit nicht bestimmt. Tab. XV enthält die hauptsächlichsten Resultate und Fig. 12 die darnach entworfene Curve.

Man sieht sofort, dass bei diesem Versuche sämmtliche Mittel ohne Ausnahme sich bedeutend höher bewegen, als das Normalmittel V.'s ist. Wir können für diese Erscheinung einen Grund nicht angeben, wenn man nicht folgende Erklärung zulassen wollte: es ist nämlich möglich, dass die Furcht vor einer eventuellen schädlichen Wirkung des Weines einen massgebenden Einfluss geübt habe, da V. täglich nur eine sehr mässige Menge zu nehmen gewohnt ist.

Das Mittel der 1. Gruppe in der I. Reihe (0,1938 Sec.) ist das höchste in diesem Versuche, die Mittel der beiden folgenden Gruppen sind schon etwas niedriger und stimmen zu einander sehr gut, (0,1805 und 0,1823 Sec.); in der II. Reihe ergeben die 3 Gruppen genügend übereinstimmende Mittel, auch hat sich die Reactionszeit um 0,0100 Sec. vermindert, indem das Mittel der I. Reihe sich auf 0,1855 Sec., jenes der II. auf 0,1755 Sec. beläuft. In der folgenden (III.) Reihe finden wir die Fortsetzung der verringerten Reactionszeit, da ihr Mittel (0,1658 Sec.) abermals um 0,0097 Sec. kleiner ist, somit die ganze Verkürzung 0,0197 Sec. id est in runder Zahl 0,02 Sec. beträgt. In der letzten (IV.) Reihe begegnen wir einer auffallenden Verlängerung der Reactionszeit, 0,1811 Sec., sie hat fast genau jene Höhe erreicht, wie sie im Beginn des Versuchs vorhanden war[1]).

1) Der gleiche Gang der Reactionszeit gilt bei der Betrachtung sämmtlicher Mittel aus allen Beobachtungen ohne Ausnahme, und stellt sich eben so deutlich heraus, wenn man die Maxima berücksichtigt (nicht dagegen bei den Minimis).

Digitized by Google

Da die Reactionszeit im Allgemeinen von Haus aus sehr lang war, so lässt sich kaum mit Bestimmtheit sagen, ob die im Verlaufe des Versuches zur Geltung kommende Verkürzung derselbe wirklich auf die Wirkung des Weines zu beziehen sei, für diese Auffassung würde allerdings die Erscheinung sprechen, dass V. bei der III. Reihe die subjective Empfindung einer rascheren Reaction hatte.

Die Pulsfrequenz war während dieses Versuches mehreren Schwankungen unterworfen, aus denen weiter nichts Positives entnommen werden kann.

Vintschgau 22. Juni 1877.

Bei diesem Versuche wurde vor dem Trinken die Reactionszeit bestimmt, auf zweimal ungefähr $^1/_2$ Flasche Champagner getrunken, und gegen Ende des Versuchs eine mässige Bewegung in freier Luft gemacht, auf Tab. XVI sind die wichtigsten Resultate zusammengestellt, und in Fig. 13 die dazugehörige Curve gezeichnet.

Die vor dem Weintrinken erhaltenen Mittelwerthe haben schon früher (oben pag. 349) eine Besprechung erfahren; hier wäre nur noch zu untersuchen, wie es kam, dass in der II. Reihe bei der 2. und 3. Gruppe eine so rasche Erhöhung der Reactionszeit stattfand. Man könnte denken, dass durch die Unregelmässigkeiten der Apparate die Aufmerksamkeit etwas alterirt worden sei, wie es sich schon des öfteren gezeigt hat; wir halten es jedoch nicht für statthaft, ohne weiteres auf diesen Umstand zu recuriren und zwar weil die Verlängerung nicht kurze Zeit gewährt hat, sondern sich durch längere Dauer bemerkbar machte. Es ist uns vielmehr weit wahrscheinlicher, dass in der Frist, welche auf die Regelung der Apparate verwendet wurde, die in Folge des raschen Gehens entstandene Erregung Gelegenheit fand zu verschwinden und einer fast normalen Reactionszeit Platz zu machen, indem die Mittel der beiden letzten Gruppen (0,1573 und 0,1524) bei der II. Reihe, sich um das normale Mittel bewegen, wie auch die Mittel der 3 Gruppen in der nächsten (I.) Reihe nach dem Weintrinken, so zwar, dass das Mittel der letzteren (0,1529 Sec.) mit dem normalen vollends übereinstimmt.

Auch in der II. Reihe schwanken die Mittel der beiden ersten Gruppen (0,1473 Sec. und 0,1567 Sec.) noch immer um das normale Mittel, dagegen zeigt jenes der 3. Gruppe (0,1409) eine Verkürzung der Reactionszeit, welche es jedenfalls dem Weingenusse zu verdanken hat, da sowohl die von V. angegebenen subjectiven Erscheinungen darauf hinweisen, wie auch die folgende durch die ganze nächste (III.) Reihe anhaltende Verkürzung der Reactionszeit; in dieser Reihe gab die 2. Gruppe das niedrigste Mittel (0,1296 Sec.), welches wir überhaupt in diesem Versuche erhielten.

Unmittelbar nachdem die erste Portion Wein genommen wurde, betrug die Reactionszeit (Mittel der I. Reihe) 0,1529 Sec., nach einer Stunde ist sie bis auf (Mittel der III. Reihe) 0,1367 Sec. vermindert, die Abnahme beträgt somit 0,0162 Sec., welche eben wie bemerkt, in Abgang aller anderen Ursachen auf den Weingenuss zurückgeführt werden muss.

Von nun an scheint aber diese aufregende Wirkung des Weines voll-

Digitized by Google

ständig verschwunden, indem die IV. Reihe uns ein Mittel liefert (0,1490 Sec.), welches sich bereits dem Normalmittel V.'s wieder nähert, wobei zu bemerken, dass auch die Schwankung in den Mitteln der 3 Gruppen dieser Reihe nicht sehr ansehnlich ist, sie beträgt nämlich blos 0,0096 Sec.

Auf die IV. Reihe folgte eine mässige ungefähr $^1/_2$stündige Bewegung in freier Luft, wornach wir anfangs (V. Reihe) noch einer Reactionszeit begegnen (0,1487 Sec.), welche mit jener vor dem Spaziergange vollständig übereinstimmt, während dagegen bei der letzten (VI.) Reihe sich in den Mitteln der zwei ersten Gruppen eine bedeutende Verlängerung der Reactionszeit zeigt (0,1667 Sec. und 0,1662 Sec.), ohne dass eine äussere nachweisbare Ursache vorhanden wäre, nur dass Mittel der 3. Gruppe (0,1526 Sec.), erniedrigt sich wieder bis zum Normalmittel V's.[1]).

Ueberhaupt muss diese Schwankung innerhalb der letzten Reihe in Ermangelung jedweder äusseren Ursache wohl inneren Vorgängen zugeschrieben werden; Motor und Schreibapparat fungirten ganz gut, die ganze Reihe war binnen 8 Minuten vollendet, und in den einzelnen Gruppen übersteigen die Schwankungen der Beobachtungen durchaus nicht die gewöhnlich vorkommenden. Auch ist die Angabe V.'s nicht ausser Acht zu lassen, dass er nun keine Wirkung des Weines weiter bemerke. Die vor dem Weingenuss ziemlich hohe Pulsfrequenz erfuhr sogar während desselben eine kleine Verminderung.

Bei der Vergleichung der Curven für die zwei letztbeschriebenen Versuche erhellt für dieselben eine gewisse Uebereinstimmung, es sinkt nämlich in Folge des Weingenusses die Reactionszeit für kürzere Dauer, doch hält dieser Zustand bei beiden nicht gleich lang an.

Vintschgau 6. Juli 1877.

Dieser Versuch wurde bereits um 9 Uhr früh begonnen, und gestattete uns nicht bloss den Einfluss des Weines, sondern auch den anderer Umstände auf die Reactionszeit zu ermitteln; der Wein wird auch hier in zwei Abschnitten getrunken, und zu Ende des Versuchs eine Ruhepause von ca. 1 Stunde eingeschaltet. In Tab. XVII findet man die hauptsächlichsten Resultate zusammengestellt, in Fig. 14 ist die dazugehörige Curve entworfen. Ausserdem fügen wir im Anhange die ausführlichen Protocolle bei, nicht so sehr als ob dieser Versuch als typisch für die Weinwirkung zu betrachten wäre, sondern vorzugsweise in Rücksicht auf die am Vormittage vorgenommenen Beobachtungen. Ueber diese letzteren haben wir bereits oben (pag. 346) uns des weiteren ausgesprochen, gegenwärtig interessirt uns blos der übrige Theil des Versuches.

---

1) Bei der Berücksichtigung des Mittels aus sämmtlichen Beobachtungen ohne Ausnahme ergiebt sich der gleiche Gang für die Reactionszeit, die Maxima bieten nichts Auffallendes dar, dagegen kann man bemerken, dass die kleineren Minima am häufigsten in den Gruppen der 2.—4. Reihe vorkommen, also in die Zeit der vollen Weinwirkung fallen.

Digitized by Google

Die I. Reihe vor dem Weintrinken zeigt nichts besonderes, ihr Mittel (0,1601 Sec.) ist etwas höher als V's. Normalmittel; die II. Reihe zeigt in der 1. Gruppe ein etwas höheres Mittel (0,1646 Sec.) als die beiden übrigen, doch ist das der ganzen Reihe 0,1558 Sec. nur um weniges niedriger, als jenes der vorhergehenden; die Mittel der beiden Nachmittagsreihen sind also etwas höher als jene des Vormittags, doch werden wir uns nicht verleiten lassen, aus dieser einzelnen Angabe einen Schluss auf das Verhalten der Reaktionszeit bei den verschiedenen Tageszeiten ableiten zu wollen.

Die erste ungefähr 12 Minuten nach Beginn des Weintrinkens angestellte Beobachtungsreihe ergab ein Mittel (0,1584 Sec.) kaum verschieden von jenem vor dem Weintrinken. Die II. Reihe ungefähr 40 Minut. nach Beginn des Weintrinkens ergiebt schon eine bedeutende Verkürzung, welche besonders in der 3. Gruppe (0,1371 Sec.) sehr ansehnlich ist. Das Mittel dieser II. Reihe, (0,1465 Sec.) ist um 0,0093 Sec. kleiner als jenes vor dem Weintrinken, anbetracht des Mittels der 3. Gruppe (0,1371) würde die Verkürzung sich auf die ansehnliche Grösse von 0,0187 Sec. beziffern.

Es wird nun noch ein wenig Wein getrunken, so dass im Ganzen etwa circa die Hälfte der Flasche geleert ist. In der nächsten (III.) Reihe finden wir ein etwas höheres Mittel (0,1495 Sec.) als bei der früheren, und die folgende IV. gab das höchste Mittel (0,1665 Sec.), welches überhaupt bei diesem Versuche zum Vorschein kam.

Für diese plötzliche Verlängerung der Reaktionszeit mangelt uns eine zureichende Erklärung; wohl fiel zwischen die 1. und 2. Gruppe eine längere Unterbrechung für die Regulirung des Motors, aber die Verlängerung war schon vor der 1. Gruppe (Mittel 0,1694 Sec.) zugegen, so dass wir blos der Vermuthung Raum geben können, es sei möglicherweise die Ermüdung zu beschuldigen.

Nun folgte eine längere Pause von beinahe einer Stunde, welche ruhig im Zimmer zugebracht wurde.

In der V. Reihe nun zeigte sich jetzt eine auffallende Verkürzung der Reaktionszeit (0,1456 Sec.), die sich besonders in den beiden letzten Gruppen bemerkbar macht, auch ist in der 3. Gruppe die Schwankung in den Beobachtungen sehr gering, sie beträgt nur 0,016 Sec. Die eben beobachtete Verkürzung hält auch noch während der nächsten (VI.) Reihe an, deren Mittel 0,1509 Sec. ist, doch ist eine Neigung zur Verlängerung der Reaktionszeit nicht zu verkennen, die wahrscheinlich mit der Ermüdung in Zusammenhang zu bringen ist, da V. auch angab, dass er nach seinem subjectiven Ermessen langsam reagire[1]).

---

1) Auch hier gehen die Mittel aus sämmtlichen Beobachtungen ohne Ausnahme für die Reaktionszeit den gleichen Gang, während sich für dessen Beurtheilung aus den Maximis und Minimis kaum ein Anhaltspunkt gewinnen lässt.

Digitized by Google

Betrachten wir diesen Weinversuch näher, so ist ein sicheres Resultat eigentlich nicht zu finden. Es ist wohl wahr, dass nach der ersten Weinportion eine Verkürzung der Reactionszeit auftrat, welche nicht lange anhält, ähnlich wie es bei den vorhergehenden Versuchen der Fall war; nach der zweiten Portion aber beobachten wir eine entschiedene Verlängerung. Auch trat bei dem gegenwärtigen Versuche nach der Ruhe eine kleine Verkürzung auf, während bei dem vorigen das Gegentheil stattfand. Es ist möglich, dass dort die Bewegung in freier Luft, hier der Aufenthalt im Laboratorium den Unterschied zu bedingen vermochten.

Der Puls zeigte bei diesem Versuche eine fortwährende Abnahme der Frequenz.

Vintschgau 14. Juli 1877.

Bei diesem Versuche hat der Weingenuss successive stattgefunden, es wurden nämlich ungefähr $^2/_3$ der Flasche im Verlaufe von ungefähr einer Stunde ausgetrunken. Die wichtigsten Resultate findet man in Tab. XVIII, die dazu gehörige Curve in Fig. 15 verzeichnet.

Es wird aus denselben ersichtlich, dass die Reactionszeit sich in Folge des Weingenusses durch längere Dauer nicht blos unterhalb des Normalmittels, sondern auch unter den vor dem Weingenusse sicher gestellten Mitteln erhält. Bei den zwei Reihen vor dem Weingenusse ist blos die rasche Verkleinerung der Reactionszeit nach der 1. Gruppe der II. Reihe bemerkbar; es bleibt zu erwähnen, dass diese 1. Gruppe nur aus 4 Beobachtungen besteht, weil nach denselben der Motor plötzlich still stand, so dass vielleicht auch das Mittel dieser Gruppe kleiner ausgefallen wäre, wenn wir die gewöhnliche Anzahl von Beobachtungen hätten anstellen können.

Die Mittelwerthe dieser beiden Reihen sind 0,1621 Sec., 0,1536 Sec. Es wurde nun ein Glas Wein getrunken, und bald darauf die Beobachtung begonnen. Bei der nächsten Reihe haben wir eine auffallende Schwankung zu registriren indem die 2. Gruppe unerklärlicher Weise ein sehr hohes Mittel liefert 0,1669 Sec., während die Schwankungen in den einzelnen Beobachtungen dieser Gruppe nicht grösser sind als in anderen Fällen, indem sie nur 0,0329 Sec. beträgt.

Das Mittel dieser Reihe ist 0,1571 Sec.; von nun an wird der Wein successive getrunken, in den Pausen zwischen den einzelnen Gruppen und Reihen. Die nächsten beiden Reihen (II. und III.) zeigen nichts Besonderes, ihre Mittel (0,1533 und 0,1535 Sec.) stimmen mit dem Normalmittel V.'s vollkommen überein, und sind von den früheren nicht wirklich verschieden. Auch die Mittel der einzelnen Gruppen stimmen ziemlich gut, indem bei allen 6 die grösste Schwankung nur 0,0050 Sec. beträgt.

Erst die IV. Reihe, (Mittel 0,1447 Sec.) ungefähr eine Stunde nach Beginn des Weingenusses, zeigt eine Abnahme der Reactionszeit, und zwar

Digitized by Google

um 0,0089 Sec. Darauf folgt in der V. Reihe (mit einem Mittel von 0,1517 Sec.) eine kleine Zunahme, welche in der VI. Reihe (Mittel 0,1471) wieder verschwindet. Es sind dies jene kleinen Schwankungen, denen man eben nur wenig Werth beilegen kann.

Die letzte (VII.) Reihe zeigt in sofern eine interessante Erscheinung, als die Reactionszeit im fortwährenden Sinken begriffen ist, und das Mittel der 3. Gruppe 0,1350 Sec auch das niedrigste vorstellt, welches wir in diesem Versuche überhaupt beobachteten.

Die Wirkung des Weines scheint demnach zu Ende des Versuches noch immer fortbestanden zu haben [1]).

Auch fällt in diesem Versuche auf, dass im Allgemeinen die Zahl der unbrauchbaren Beobachtungen eine sehr geringe ist, und dass ferner die Schwankungen in den Beobachtungen bei den einzelnen Gruppen nach dem Weingenusse besonders von der III. Reihe an sehr klein werden. V. hat also hier gleichmässiger reagirt als vor dem Weingenusse.

Der Puls hat in diesem Versuche kaum eine Aenderung erfahren.

Es geht somit aus demselben blos hervor, dass bei dem successiven Genusse des Weines die Reaktionszeit durch längere Dauer etwas verkürzt erschien, und dass die Schwankungen in den einzelnen Mitteln im Allgemeinen nicht gross sind, denn sie betragen für diejenigen aller sieben Reihen blos 0,0124 Sec. und wird diese Schwankung nur unbedeutend grösser bei Berücksichtigung sämmtlicher Beobachtungen ohne Ausnahme, nämlich 0,0142 Sec.

Wenn wir nun unsere Versuche mit Wein mit einander vergleichen, so begegnen wir folgender Erscheinung: Ist die Menge des genossenen Weines nicht sehr gross, so tritt für eine gewisse Dauer eine Verkürzung der Reactionszeit ein, dafür sprechen die Versuche an V. vom 4. Mai und 22. Juni, an D. vom 25. Juni, weniger sicher der Versuch an V. vom 6. Juli.

Wird dagegen der Wein langsam und allmählich getrunken, so dauert die Verkürzung der Reactionszeit länger an (Versuch vom 14. Juni an V.), auch wenn die Menge des genossenen Weines eine grössere ist (Versuch vom 19. Juli an D.).

Wird endlich eine grössere Quantität (eine ganze Flasche Champagner) in kurzer Frist ausgetrunken, dann erfährt die physiologische Reactionszeit recht bald eine ansehnliche Verlängerung.

Es ist möglich, ja sogar wahrscheinlich, dass ein oder der andere von diesen Schlüssen eine Aenderung erleiden wird, wenn man mit anderen Weinsorten experimentirt.

---

1) Bei Betrachtung der Mittel aus allen Beobachtungen ohne Ausnahme ergiebt sich derselbe Gang der Reactionszeit.

Digitized by Google

Ziehen wir aber die Erfahrungen des täglichen Lebens zu Rathe, so bieten uns dieselben eine Bestätigung unserer Zahlen, indem bei den meisten Menschen der mässige Genuss von Wein eine leichte Aufregung bedingt, die sich theils in dem rascheren Fluss der Gedanken und der Rede, theils in der rascheren Ausführung der Bewegungen kundgiebt; erst wenn die Menge des genossenen Weines eine für Jedermann individuelle Grenze überschreitet, erfolgt eine gewisse Abspannung, die sich in der verschiedenartigsten Weise äussern kann.

Und eben dieser Zustand ist jener, den wir im Versuche vom 2. Juli an D. vor uns hatten, und ist derselbe den S. Exner an Herrn A. v. W. nach dem Weingenusse beobachtete.

Die von Exner erhaltenen Resultate stimmen im Allgemeinen nur mit den von uns an D. beim Versuch vom 2. Juli erhaltenen. Es haben diese beiden Versuche auch eine gewisse Aehnlichkeit in den weiteren Bedingungen.

A. v. W. trank nicht weniger als 2 Flaschen Hochheimer, D. trank eine Flasche Champagner; A. v. W. nahm die erste Flasche binnen $^1/_4$ Stunde, die zweite binnen 17 Minuten, D. trank die Flasche Champagner in zwei Portionen, das erstemal etwas mehr als die Hälfte in 16 Minuten, später das Uebrige in 8 Minuten.

Dass Exner als Reiz das Sehen eines elektrischen Funkens, wir dagegen die Berührung der Haut benutzten, kann wohl nicht als triftiger Unterschied angesehen werden.

Die eben angeführten Umstände erklären zur Genüge, dass bei A. v. W. die Reactionszeit in Folge des Weingenusses von 0,1904 auf 0,2969 Sec. stieg, also eine Verlängerung von 0,1065 Sec. in dem Zeitraum von kaum 2 Stunden nach Beginn des Trinkens erfolgte.

Bei D. dagegen betrug die Verlängerung blos 0,0274 Sec. und auch diese zeigte sich erst ungefähr 3 Stunden nach Beginn des Trinkens, zu welcher Zeit D. ein Bedürfniss nach Ruhe und Musse äusserte, denn $1^1/_2$ Stunden nach Beginn des Weintrinkens betrug die Verlängerung nur 0,0169 Sec.

Es muss aber auch erwähnt werden, dass bei A. v. W. die genossene Weinmenge eine übermässige gewesen ist und S. Exner in den Versuchsprotokollen anführt, es habe der Versuch wegen Ueblichkeiten beendigt werden müssen.

Digitized by Google

Aehnliche Erscheinungen und Zustände sind bei unseren Weinversuchen nicht vorgekommen.

S. Exner giebt auch an, dass A. v. W. glaubte schneller zu reagiren als im nüchternen Zustande, und dass er das Reactionssignal mit grosser Heftigkeit gab.

Auch wir haben bei unseren Versuchen mit Wein ebenfalls häufig beobachtet, dass man vermeint, rascher zu reagiren, und der Beobachtete dictirte nicht selten diese Erscheinung zu Protokoll, während die nach einigen Tagen gemessenen Linien die Erscheinung einfach als eine subjective darstellten, indem die Reactionszeiten durchaus nicht kürzer, sondern manchmal gleich, manchmal sogar länger als die benachbarten Beobachtungen gewesen sind.

Anderseits kam es zuweilen vor, dass der Beobachtete nach dem Weingenusse angab, zu langsam zu reagiren, die erhaltenen Zahlen aber in mehreren Fällen mit dieser subjectiven Beurtheilung nicht im Einklange standen.

Eine besondere Heftigkeit im Signalgeben wurde von uns niemals beobachtet, wir finden nur hie und da ein Gefühl von grösserer Agilität vorhanden, das auch objectiv als rascheres und entschiedeneres Auftreten sich bekundigte.

Noch eine andere Erscheinung tritt aus dem Versuchsprotokolle S. Exner's hervor: Vor dem Weingenusse beträgt die Schwankung in den mit „gut" bezeichneten Beobachtungen 0,0445 Sec., nach dem Genusse der ersten Flasche Wein sank die Schwankung auf 0,0252 Sec., um nach der zweiten Flasche (Taf. XII) bis auf 0,1084 Sec. zu steigen; wollte man auch die 5. Beobachtung dieser Tafel vernachlässigen, betrüge die Schwankung doch immer noch 0,0716 Sec., mit anderen Worten: In Folge des übermässigen Weingenusses sind die einzelnen aufeinander folgenden und mit „gut" bezeichneten Reactionszeiten etwas unregelmässiger geworden.

Bei unseren Versuchen dagegen ist die Schwankung in den Beobachtungen einer Gruppe nach dem Weingenusse nur in sehr seltenen Fällen etwas grösser als zuvor, sie sind entweder gleich, oder oft sogar etwas kleiner, wir haben demnach nach dem Weingenusse meistens gleichmässiger reagirt. Auch dieser Unterschied hängt augenscheinlich von der verschiedenen Menge des genossenen Weines ab.

Digitized by Google

Tab. I.

Dietl.

1	2	3	4	5	6	7
Datum.	Corrigirtes Mittel der Reactionszeit; die zweifelhaften Beobachtungen				Max. Min. Unterschied.	Anmerkungen.
	Anzahl.	nicht ausgeschloss.	Anzahl.	ausgeschlossen.		
0. Jan. 1874	8	0,1235	8	0,1235	0,139—0,106 = 0,033	Dieser Reihe giengen einige Beobachtungen über den Geschmack voraus.
7. Dec. 1874	20	0,1197	16	0,1232	0,137—0,113 = 0,024	
2. Dec. 1874	13	0,1345	10	0,1279	0,144—0,110 = 0,034	Beide Beobachtungsreihen wurden unmittelbar nacheinander angestellt.
„	19	0,1482	14	0,1389	0,156—0,109 = 0,047	
6. März 1875	17	0,1208	16	0,1191	0,136—0,108 = 0,028	Dieser Beobachtungsreihe ging wahrscheinlich eine andere mit Berührung der Zungenspitze voran.
1. März 1875	21	0,1490	18	0,1427	0,171—0,111 = 0,060	
6. Mai 1876	23	0,1318	22	0,1334	0,149—0,119 = 0,030	Nachmittags, beide Beobachtungsreihen hintereinander.
„	17	0,1365	15	0,1364	0,151—0,121 = 0,030	
9. Mai 1877	24	0,1686	21	0,1645	0,179—0,150 = 0,029	Nachmittags, alle 4 Reihen wurden innerhalb 2½ Stunden angestellt; denselben gieng (Vormittags) ein psychischer Affect voran.
„	24	0,1553	20	0,1528	0,172—0,136 = 0,036	
„	24	0,1513	22	0,1480	0,174—0,121 = 0,053	
„	23	0,1492	21	0,1481	0,169—0,122 = 0,047	
5. Mai 1877	19	0,1426	18	0,1395	0,158—0,106 = 0,052	Nachmittags, die 4 Beobachtungsreihen innerhalb 2 Stunden.
„	21	0,1511	21	0,1511	0,172—0,130 = 0,042	
„	23	0,1515	19	0,1451	0,174—0,134 = 0,040	
„	22	0,1450	21	0,1436	0,166—0,125 = 0,041	
3. Juni 1877	21	0,1646	19	0,1656	0,193—0,128 = 0,065	Nachmittags, Gewitterschwüle, beide Beobachtungsreihen innerhalb einer Stunde.
„	22	0,1509	21	0,1483	0,178—0,128 = 0,050	
5. Juni 1877	23	0,1356	21	0,1358	0,156—0,110 = 0,046	Nachmittags, beide Reihen innerhalb einer Stunde.
„	22	0,1354	20	0,1359	0,167—0,110 = 0,057	
2. Juli 1877	20	0,1486	19	0,1473	0,164—0,125 = 0,039	Vormittags. Nachts vorher wenig geschlafen; von 3 Uhr an wach, von 5—7 h Spaziergang im Freien, Kopf in der Hinterhauptsgegend etwas eingenommen. Gefühl von Schwindel.
„	13	0,1299	11	0,1253	0,144—0,094 = 0,050	Nachmittags, beide Reihen innerhalb ½ Stunde. Kopfschmerz in der Hinterhauptsgegend, Congestionsgefühl, während des Versuchs mässiges Gewitter.
„	21	0,1307	19	0,1277	0,148—0,085 = 0,063	
19. Juli 1877	19	0,1454	17	0,1489	0,167—0,128 = 0,039	Nachmittags, beide Reihen innerhalb 1 Stunde.
„	22	0,1382	21	0,1376	0,161—0,116 = 0,045	
	501	0,1436	450	0,1418		
	Nach Auslassung der 4 Beobachtungsreihen vom 9. Mai 1877 und der beiden Reihen vom 13. Juni 1877 bleiben					
	363	0,1387	326	**0,1371**		

Digitized by Google

Tab. II.

Vintschgau.

1	2	3	4	5	6	7
Datum.	Corrigirtes Mittel der Reactionszeit; die zweifelhaften Beobachtungen				Max. Min. Unterschied.	Anmerkungen.
	Anzahl.	nicht ausgeschloss.	Anzahl.	ausgeschlossen.		
20. Oct. 1876	21	0,2132	10	0,1788	0,194—0,159 = 0,035	Vorm. Das Wohlbefinden war nicht ganz normal; diese 3 Reihen enthalten die ersten Beobachtungen, welche V. an sich selbst anstellen liess.
„	22	0,1904	16	0,1697	0,194—0,156 = 0,038	
„	22	0,1658	17	0,1584	0,178—0,135 = 0,043	Nachm.
23. Oct. 1876	21	0,1714	16	0,1633	0,182—0,140 = 0,042	Zwischen diesen beiden Reihen war noch eine andere, mit Berührung einer anderen Körperstelle eingefügt. Das Allgemeinbefinden nicht normal.
„	23	0,1603	21	0,1573	0,186—0,138 = 0,048	
20. März 1877	21	0,1527	18	0,1499	0,162—0,142 = 0,020	
21. März 1877	23	0,1641	22	0,1625	0,181—0,139 = 0,042	Vormittag.
22. März 1877	23	0,1538	22	0,1526	0,170—0,125 = 0,045	Dieser Reihe ging eine andere mit Berührung einer anderen Körperstelle voraus.
28. März 1877	15	0,1565	14	0,1548	0,173—0,138 = 0,035	
28. Mai 1877	23	0,1559	21	0,1508	0,168—0,126 = 0,042	Nachmittags. Die 3 Reihen innerhalb einer Stunde vorgenommen.
„	20	0,1463	17	0,1405	0,162—0,122 = 0,040	
„	22	0,1496	21	0,1463	0,171—0,128 = 0,043	
1. Juni 1877	24	0,1742	23	0,1727	0,200—0,136 = 0,064	Nachm. Beide Reihen innerhalb $^3/_4$ St. Gemüthsstimmung nicht ruhig, in Folge eines deprimirenden Gemüthsaffects.
„	24	0,1781	22	0,1729	0,197—0,149 = 0,048	
22. Juni 1877	23	0,1436	20	0,1413	0,152—0,126 = 0,026	Nachm. Beide Reihen innerhalb $^3/_4$ St. — Vorher rasches Gehen.
„	22	0,1507	20	0,1475	0,173—0,120 = 0,053	
6. Juli 1877	19	0,1575	17	0,1542	0,165—0,135 = 0,030	Vormittags. Vor der Vorlesung.
„	20	0,1567	19	0,1551	0,178—0,131 = 0,047	
„	21	0,1530	17	0,1466	0,161—0,130 = 0,031	Vorm. Unmittelbar nach der 2-stündigen Vorlesung.
„	21	0,1546	19	0,1526	0,171—0,139 = 0,032	Vorm. Ungefähr $^3/_4$ St. nach der 2stündigen Vorlesung.
„	20	0,1601	20	0,1601	0,178—0,132 = 0,046	Nachm. Innerhalb $^1/_2$ Stunde.
„	21	0,1585	19	0,1558	0,183—0,130 = 0,053	
14. Juli 1877	18	0,1689	17	0,1621	0,184—0,138 = 0,046	Nachm. Innerhalb $^1/_2$ Stunde.
„	20	0,1544	19	0,1536	0,174—0,127 = 0,047	
	509	0,1621	447	0,1564		
	Nach Vernachlässigung der Beobachtungsreihen vom 20. Oct. 1876 und jenen vom 1. Juni 1877 erhält man					
	418	0,1564	376	0,1532		

Digitized by Google

Tab. III.

9. Mai. **Dietl.** Diesem Versuche war ein psychischer Affect vorausgegangen.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Beobachtungsreihe.	Beobachtungsgruppe.	Zeit.	Gesammtbeobachtungen.			Die unverlässlichen eliminirt.			
			Zahl	Mittel aus der Beobachtungsgruppe.	Mittel aus der Beobachtungsreihe.	Zahl	Mittel aus der Beobachtungsgruppe.	Mittel aus der Beobachtungsreihe.	Max. Min. Unterschied.
	1	4.00	9	0,1715		8	0,1673		0,177 — 0,151 = 0,026
I	2	4.10	9	0,1645	0,1686	9	0,1645	0,1645	0,178 — 0,150 = 0,028
	3	4.15	6	0,1705		4	0,1590		0,163 — 0,157 = 0,006
	1	4.40	9	0,1561		8	0,1532		0,172 — 0,142 = 0,030
II	2	4.50	9	0,1529	0,1553	8	0,1493	0,1528	0,159 — 0,136 = 0,023
	3	4.55	6	0,1576		4	0,1589		0,171 — 0,148 = 0,023
	1	5.35	9	0,1565		8	0,1523		0,175 — 0,139 = 0,036
III	2	5.40	9	0,1500	0,1513	9	0,1500	0,1480	0,167 — 0,141 = 0,026
	3	5.45	6	0,1450		5	0,1370		0,164 — 0,123 = 0,041
	1	6.15	8	0,1596		7	0,1508		0,170 — 0,129 = 0,041
IV	2	6.20	10	0,1338	0,1492	9	0,1375	0,1481	0,158 — 0,123 = 0,035
	3	6.25	5	0,1635		5	0,1635		0,168 — 0,161 = 0,007
			95		0,1562	84		0,1533	

Tab. IV.

25. April 1877. **Dietl.** **Morphiumversuch.**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Beobachtungsgruppe.	Beobachtungsreihe.	Zeit.	Gesammtbeobachtungen.			Die unverlässlichen eliminirt.				Puls.
			Zahl	Mittel aus der Beobachtungsgruppe	Mittel aus der Beobachtungsreihe.	Zahl.	Mittel aus der Beobachtungsgruppe.	Mittel aus der Beobachtungsreihe.	Max. Min. Unterschied.	
		11.06	werden 25 mgrm. Morph. hydrochlor. am linken Unterschenkel subcutan injicirt.							74
	1	11.19	9	0,1527		8	0,1480		0,163 — 0,142 = 0,021	
I	2	11.26	10	0,1527	0,1571	8	0,1439	0,1465	0,173 — 0,122 = 0,051	
	3	11.36	4	0,1781		2	0,1503		0,151 — 0,149 = 0,002	74
	1	11.55	8	0,1411		7	0,1372		0,165 — 0,121 = 0,044	
II	2	12.00	10	0,1359	0,1369	8	0,1316	0,1339	0,160 — 0,117 = 0,043	
	3	12.06	7	0,1335		7	0,1335		0,159 — 0,122 = 0,037	68
	1	12.50	9	0,1504		8	0,1446		0,155 — 0,137 = 0,018	
III	2	12.53	9	0,1389	0,1425	8	0,1330	0,1378	0,149 — 0,124 = 0,025	
	3	1.00	5	0,1345		5	0,1345		0,146 — 0,128 = 0,018	72

Digitized by Google

Tab. V.

27. April 1877. **Dietl.** Morphiumversuch.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Beobachtungsreihe.	Beobachtungsgruppe.	Zeit.	Gesammtbeobachtungen. Zahl	Mittel aus der Beobachtungsgruppe.	Mittel aus der Beobachtungsreihe.	Die unverlässlichen eliminirt. Zahl.	Mittel aus der Beobachtungsgruppe.	Mittel aus der Beobachtungsreihe.	Max. Min. Unterschied.	Puls.
		10.55	werden 30 mgrm. Morph. hydrochlor. am linken Unterschenkel subcutan injicirt.							
	1	11.02	9	0,1535		9	0,1535		0,192 — 0,114 = 0,078	
I	2	11.10	9	0,1586	0,1559	9	0,1586	0,1536	0,196 — 0,129 = 0,068	80
	3	11.16	5	0,1554		4	0,1425		0,207 — 0,121 = 0,086	
	1	11.38	8	0,1541		7	0,1422		0,182 — 0,120 = 0,062	
II	2	11.46	8	0,1337	0,1457	8	0,1337	0,1415	0,144 — 0,121 = 0,023	
	3	11.52	5	0,1529		5	0,1529		0,169 — 0,129 = 0,040	
	1	12.48	9	0,1505		8	0,1419		0,169 — 0,111 = 0,058	
III	2	12.53	9	0,1358	0,1419	8	0,1311	0,1368	0,147 — 0,119 = 0,028	72
	3	1.00	5	0,1378		5	0,1378		0,150 — 0,131 = 0,019	

Tab. VI.

13. Juni 1877. **Dietl.** Morphiumversuch.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Beobachtungsreihe.	Beobachtungsgruppe.	Zeit.	Gesammtbeobachtungen. Zahl	Mittel aus der Beobachtungsgruppe.	Mittel aus der Beobachtungsreihe.	Die unverlässlichen eliminirt. Zahl.	Mittel aus der Beobachtungsgruppe.	Mittel aus der Beobachtungsreihe.	Max. Min. Unterschied.	Puls.
	1	3.00	7	0,1711		7	0,1711		0,193—0,148 = 0,045	
I	2	3.06	9	0,1615	0,1646	7	0,1637	0,1656	0,174—0,143 = 0,031	
	3	3.10	5	0,1608		5	0,1608		0,188—0,128 = 0,060	
	1	3.30	8	0,1528		7	0,1452		0,178—0,139 = 0,039	
II	2	3.35	9	0,1479	0,1509	9	0,1479	0,1483	0,167—0,128 = 0,039	
	3	4.00	5	0,1531		5	0,1531		0,164—0,139 = 0,025	82
		4.13	werden 30 mgrm. Morph. hydrochlor am linken Unterschenkel subcutan injicirt.							
	1	4.16	9	0,1665		9	0,1665		0,189—0,143 = 0,046	
I	2	4.20	9	0,1667	0,1673	9	0,1667	0,1673	0,194—0,141 = 0,053	
	3	4.23	5	0,1699		5	0,1699		0,193—0,159 = 0,034	90
	1	4.32	8	0,1777		7	0,1715		0,191—0,150 = 0,041	
II	2	4.37	9	0,1751	0,1741	8	0,1702	0,1697	0,181—0,154 = 0,027	
	3	4.40	5	0,1665		5	0,1665		0,172—0,162 = 0,010	88
		4.53	werden noch 10 mgrm. Morph. injicirt.							
	1	4.56	8	0,1632		8	0,1632		0,181—0,148 = 0,033	
III	2	4.59	9	0,1651	0,1762	9	0,1651	0,1711	0,186—0,149 = 0,037	
	3	5.02	6	0,2104		5	0,1946		0,217—0,168 = 0,049	88
	1	5.35	8	0,1777		8	0,1777		0,202—0,164 = 0,038	
IV	2	5.49	4	0,1762	0,1760	4	0,1762	0,1760	0,195—0,158 = 0,037	
	3	5.53	9	0,1744		9	0,1744		0,201—0,156 = 0,045	88
	1	6.21	8	0,1734		8	0,1734		0,203—0,143 = 0,060	
V	2	6.26	8	0,1787	0,1629	8	0,1687	0,1629	0,179—0,157 = 0,022	
	3	6.30	6	0,1418		6	0,1418		0,154—0,134 = 0,020	84

Digitized by Google

28. April 1877. Tab. VII. Dietl. Caffèversuch.

2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Beobachtungsgruppe.	Zeit.	Gesammtbeobachtungen. Zahl	Mittel aus der Beobachtungsgruppe.	Mittel aus der Beobachtungsreihe.	Die unverlässlichen eliminirt. Zahl	Mittel aus der Beobachtungsgruppe.	Mittel aus der Beobachtungsreihe.	Max. Min. Unterschied.	Puls.	Anmerkungen.
	10.55 wird ein heisser Infus von 15 grm Caffé gewöhnlicher Sorte getrunken.								88	Sirocco-Wetter: während der ganzen Versuchsdauer Eingenommenheit des Kopfs.
1	10.56	9	0,1347		9	0,1347		0,147—0,112 = 0,035		
2	11.07	10	0,1235	0,1287	10	0,1235	0,1287	0,136—0,106 = 0,030	84	
3	11.11	7	0,1287		7	0,1287		0,137—0,120 = 0,017	84	
	11.35 wird eine neue Portion aus 15 grm Caffé getrunken.									
1	11.39	10	0,1265		9	0,1258		0,138—0,108 = 0,030	80	
2	11.50	9	0,1252	0,1271	9	0,1252	0 1250	0,138—0,108 = 0,030		
3	11.55	6	0,1310		4	0,1220		0,129—0,117 = 0,012	80	
1	12.32	9	0,1281		7	0,1292		0,139—0,120 = 0,019		
2	12.37	10	0,1159	0,1208	9	0,1216	0,1229	0,136—0,112 = 0,024	78	
3	12.43	7	0,1185		7	0,1185		0,130—0,100 = 0,030		
1	1.07	6	0,1373		5	0,1297		0,145—0,112 = 0,033	76	Das Verschieben der registrirenden Electromagneten erfolgt stossweise und verursacht viel Unruhe am Arbeitstische.
2	1.12	8	0,1269	0,1298	7	0,1319	0,1284	0,163—0,118 = 0,045		
3	1.18	6	0,1237		6	0,1237		0,153—0,109 = 0,044		

14. Mai 1877. Tab. VIII. Dietl. Caffèversuch.

2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Beobachtungsgruppe.	Zeit.	Gesammtbeobachtungen. Zahl	Mittel aus der Beobachtungsgruppe.	Mittel aus der Beobachtungsreihe.	Die unverlässlichen eleminirt. Zahl	Mittel aus der Beobachtungsgruppe.	Mittel aus der Beobachtungsreihe.	Max. Min. Unterschied.	Puls.	Anmerkungen.
	2.25 wird eine Tasse getrunken, bereitet aus 20 grm (Mischung von Ceylon und Perlmocca.)									
	2.55 eine zweite Tasse, gleichen Quantums.									
1	2.58	9	0,1371		9	0,1371		0,150—0,123 = 0,027	92	
2	3.04	9	0,1316	0,1329	9	0,1316	0,1318	0,151—0,110 = 0,041		
3	3.10	6	0,1288		5	0,1225		0,136—0,114 = 0,022		
	3.34 wird eine dritte Tasse aus 20 grm getrunken.									
1	3.39	9	0,1187		9	0,1187		0,135—0,097 = 0,038	90	Nach subjectiven Ermessen wurde sehr schnell reagirt.
2	3.54	9	0,1260	0,1238	9	0,1260	0,1238	0,149—0,107 = 0,042		
3	4.00	6	0,1240		6	0,1240		0,142—0,096 = 0,046	94	
1	4.15	9	0,1295		8	0,1261		0,142—0,110 = 0,032		Vor dieser Reihe war ein Gefühl von geringer Abspannung und leichtem Schwindel eingetreten.
2	4.20	10	0,1196	0,1206	9	0,1166	0,1188	0,137—0,090 = 0,047		
3	4.25	6	0,1125		6	0,1125		0,122—0,101 = 0,021	90	
1	4.50	10	0,1255		9	0,1269		0,135—0,113 = 0,022	94	Während des Versuchs Gefühl innerer Unruhe.
2	4.58	11	0,1272	0,1229	11	0,1272	0,1247	0,142—0,110 = 0,032		
3	5.04	5	0,1072		4	0,1126		0,123—0,105 = 0,018		
	Es wird ein mässiger Spaziergang unternommen und etwas Wasser getrunken.									
1	6.20	8	0,1289		8	0,1289		0,149—0,109 = 0,040	90	
2	6.25	9	0,1216	0,1234	9	0,1216	0,1234	0,140—0,114 = 0,026		Die Nacht vom 14. auf 15. Mai wurde beinahe schlaflos verbracht; in den frühen Morgenstunden ein 2stündiger Spaziergang — Gefühl des Uebernächtigseins.
3	6.34	6	0,1185		6	0,1185		0,134—0,106 = 0,028		
	Am nächsten Tage Vormittags.									
1	11.19	8	0,1567		8	0,1567		0,175—0,127 = 0,048		
2	11.30	9	0,1336	0,1438	9	0,1336	0,1438	0,154—0,116 = 0,038	78	
3	11.35	6	0,1419		6	0,1419		0,153—0,127 = 0,026	79	

Digitized by Google

25. Mai 1877. Tab. IX. Dietl. Caffévesuch.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Beobachtungsreihe.	Beobachtungsgruppe.	Zeit.	Gesammtbeobachtungen. Zahl	Mittel aus der Beobachtungsgruppe.	Mittel aus der Beobachtungsreihe.	Die unverlässlichen eliminirt. Zahl	Mittel aus der Beobachtungsgruppe.	Mittel aus der Beobachtungsreihe.	Max. Min. Unterschied.	Puls.	Anmerkungen.
	1	3.10	6	0,1327		6	0,1327		0,155—0,107 = 0,048		
I	2	3.16	7	0,1439	0,1426	7	0,1439	0,1395	0,158—0,127 = 0,031		
	3	3.20	6	0,1511		5	0,1416		0,155—0,124 = 0,031		
	1	3.35	8	0,1472		8	0,1472		0,157—0,134 = 0,023		
II	2	3.38	8	0,1526	0,1511	8	0,1526	0,1511	0,171—0,131 = 0,040		
	3	3.42	5	0,1546		5	0,1546		0,172—0,138 = 0,034		
	1	4.25	8	0,1499		8	0,1499		0,161—0,140 = 0,021		
III	2	4.29	9	0,1513	0,1515	6	0,1349	0,1451	0,175—0,134 = 0,041		
	3	4.33	6	0,1538		5	0,1494		0,163—0,137 = 0,026		
	1	5.06	9	0,1451		9	0,1451		0,166—0,125 = 0,041		
IV	2	5.09	8	0,1478	0,1450	7	0,1437	0,1436	0,153—0,129 = 0,024		
	3	5.11	5	0,1405		5	0,1405		0,156—0,126 = 0,030		
		5.40 wird die erste Tasse Caffé								nicht gezählt.	
		5.52 die zweite getrunken — zusammen aus 40 grm bereitet.									
	1	6.00	9	0,1326		9	0,1326		0,149—0,115 = 0,034		
I	2	6.05	10	0,1175	0,1228	10	0,1175	0,1228	0,134—0,100 = 0,034		
	3	6.10	5	0,1139		5	0,1139		0,133—0,099 = 0,034		
	1	6.21	8	0,1294		7	0,1241		0,134—0,105 = 0,029		
II	2	6.26	9	0,1209	0,1239	9	0,1209	0,1220	0,127—0,114 = 0,013		
	3	6.31	6	0,1213		6	0,1213		0,135—0,099 = 0,036		
	1	6.47	9	0,1195		9	0,1195		0,140—0,107 = 0,033		
III	2	6.51	8	0,1159	0,1196	8	0,1159	0,1176	0,128—0,088 = 0,040		
	3	6.57	5	0,1247		4	0,1171		0,124—0,109 = 0,015		

28. Mai 1877. Tab. X. Vintschgau. Caffévesuch.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Beobachtungsreihe.	Beobachtungsgruppe.	Zeit.	Gesammtbeobachtungen. Zahl	Mittel aus der Beobachtungsgruppe.	Mittel aus der Beobachtungsreihe.	Die unverlässlichen eliminirt. Zahl	Mittel aus der Beobachtungsgruppe.	Mittel aus der Beobachtungsreihe.	Max. Min. Unterschied.	Puls.	Anmerkungen.
	1	3.25	9	0,1587		9	0,1587		0,168—0,143 = 0,025		
I	2	3.30	10	0,1579	0,1559	8	0,1451	0,1508	0,157—0,126 = 0,031		
	3	3.35	4	0,1445		4	0,1445		0,152—0,134 = 0,018		
	1	3.50	8	0,1650		6	0,1447		0,163—0,131 = 0,032		
II	2	3.55	8	0,1408	0,1463	8	0,1408	0,1405	0,151—0,122 = 0,029		
	3	4.00	4	0,1348		4	0,1348		0,146—0,123 = 0,023		
	1	4.20	8	0,1533		8	0,1533		0,159—0,143 = 0,016		
III	2	4.25	8	0,1392	0,1496	8	0,1392	0,1463	0,148—0,130 = 0,018		
	3	4.30	6	0,1585		5	0,1468		0,171—0,128 = 0,043		
		4.30 wird je eine Tasse Caffé (Ceylon und Mocca) zusammen								nicht gezählt.	
		4.45 aus 40 grm lauwarm getrunken.									
	1	4.50	8	0,1583		7	0,1558		0,167—0,140 = 0,027		
I	2	4.55	9	0,1554	0,1546	9	0,1554	0,1520	0,165—0,128 = 0,037		
	3	5.00	6	0,1488		5	0,1406		0,151—0,129 = 0,022		
	1	5.15	8	0,1428		8	0,1428		0,162—0,120 = 0,042		
II	2	5.20	8	0,1484	0,1453	7	0,1449	0,1419	0,164—0,127 = 0,037		
	3	5.25	5	0,1324		5	0,1324		0,142—0,125 = 0,017		
	1	5.50	8	0,1539		7	0,1499		0,163—0,136 = 0,027		
III	2	5.55	9	0,1313	0,1434	9	0,1313	0,1412	0,147—0,115 = 0,032		
	3	6.00	4	0,1487		4	0,1487		0,161—0,134 = 0,027		

Eine besondere Wirkung des Caffégenusses wurde während des ganzen Versuchs nicht verspürt.

Digitized by Google

1. Juni 1877. **Tab. XI.** **Vintschgau.** **Caffé-versuch.**

2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Beobachtungsgruppe.	Zeit.	Gesammtbeobachtungen. Zahl	Mittel aus der Beobachtungsgruppe.	Mittel aus der Beobachtungsreihe.	Die unverlässlichen eliminirt. Zahl	Mittel aus der Beobachtungsgruppe	Mittel aus der Beobachtungsreihe.	Max. Min. Unterschied.	Puls.	Anmerkungen.
1	3.10	9	0,1750		8	0,1707		0,197—0,136 = 0,061		
2	3.20	9	0,1734	0,1742	9	0,1734	0,1727	0,195—0,155 = 0,040		
3	3.30	6	0,1743		6	0,1743		0,200—0,160 = 0,040		
1	3.40	9	0,1716		9	0,1716		0,188—0,149 = 0,039		
2	3.45	9	0,1727	0,1781	9	0,1727	0,1729	0,191—0,160 = 0,031		
3	3.53	6	0,1962		4	0,1768		0,197—0,160 = 0,037	96	
	4.13	werden 2 Tassen Caffé warm getrunken								
	4.45	jede aus 20 grm (Ceylon und Mocca).								
1	4.50	8	0,1683		8	0,1683		0,184—0,139 = 0,045		
2	4.53	9	0,1491	0,1607	9	0,1491	0,1607	0,169—0,139 = 0,030		
3	4.56	6	0,1680		6	0,1680		0,175—0,159 = 0,016		
1	5.05	9	0,1664		8	0,1624		0,186—0,127 = 0,059		
2	5.10	9	0,1569	0,1603	9	0,1569	0,1587	0,184—0,124 = 0,060		
3	5.15	6	0,1563		6	0,1563		0,172—0,148 = 0,024	96	
	5.30	wird eine 3. Tasse aus 20 grm getrunken.								
1	5.35	8	0,1537		7	0,1448		0,171—0,121 = 0,050		
2	5.40	8	0,1446	0,1484	7	0,1423	0,1433	0,155—0,127 = 0,028		
3	5.45	5	0,1428		5	0,1428		0,155—0,134 = 0,021		
1	5.50	9	0,1447		9	0,1447		0,164—0,130 = 0,034		
2	5.55	9	0,1556	0,1502	6	0,1449	0,1450	0,164—0,129 = 0,035		
3	6.00	5	0,1502		4	0,1460		0,152—0,142 = 0,010	94	
1	6.30	8	0,1488		6	0,1398		0,169—0,127 = 0,042		
2	6.35	9	0,1422	0,1444	7	0,1354	0,1385	0,144—0,126 = 0,018		
3	6.38	5	0,1411		5	0,1411		0,153—0,128 = 0,025		

25. Juni 1877. **Tab. XII.** **Dietl.** **Weinversuch.**

2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tungereine.	Beobachtungsgruppe.	Zeit.	Gesammtbeobachtungen. Zahl	Mittel aus der Beobachtungsgruppe.	Mittel aus der Beobachtungsreihe.	Die unverlässlichen eliminirt. Zahl	Mittel aus der Beobachtungsgruppe.	Mittel aus der Beobachtungsreihe.	Max. Min. Unterschied.	Puls.	Anmerkungen.
	1	2.55	8	0,1341		7	0,1298		0,139—0,110=0,029		
I	2	3.17	10	0,1366	0,1372	10	0,1386	0,1358	0,156—0,111=0,045		
	3	3.24	4	0,1393		4	0,1393		0,149—0,125=0,024	98	
	1	3.36	8	0,1362		7	0,1319		0,138—0,118=0,020		
I	2	3.40	9	0,1272	0,1354	8	0,1314	0,1359	0,147—0,120=0,027		
	3	3.46	5	0,1489		5	0,1489		0,167—0,110—0,057	100	
		3.57 bis 4.18	wird ca. die halbe Flasche getrunken.								
	1	4.20	8	0,1426		8	0,1426		0,152—0,127=0,025		Behagliches Gemeingefühl, nur leichte Congestionen zum Kopf.
I	2	4.26	8	0,1367	0,1379	8	0,1367	0,1379	0,146—0,124=0,022	98	Der Puls scheint voller zu schlagen.
	3	4.30	5	0,1325		5	0,1325		0,155—0,121=0,034		Gefühl von leichter Ermattung.
	1	4.45	9	0,1295		8	0,1254		0,142—0,103=0,039	108	
I	2	4.51	8	0,1290	0,1277	8	0,1290	0,1260	0,148—0,083=0,065		
	3	4.55	5	0,1222		5	0,1222		0,133—0,110=0,023	112	
		5.05	wird noch eine kleine Portion getrunken. Im Ganzen $^4/_5$ der Flasche.								

Digitized by Google

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Beobachtungsreihe.	Beobachtungsgruppe.	Zeit.	Gesammtbeobachtungen. Zahl	Mittel aus der Beobachtungsgruppe.	Mittel aus der Beobachtungsreihe.	Die unverlässlichen eleminirt. Zahl	Mittel aus der Beobachtungsgruppe.	Mittel aus der Beobachtungsreihe.	Max. Min. Unterschied.	Puls.	Anmerkungen.
	1	5.12	9	0,1283		9	0,1283		0,152—0,106 = 0,046		
III	2	5.15	9	0,1245	0,1264	9	0,1245	0,1264	0,142—0,111 = 0,031		Das Fixiren der Marke bei der Zählung der Umdrehungen bereitet Schwierigkeit.
	3	5.23	5	0,1264		5	0,1264		0,143—0,103 = 0,040	108	
			Es folgt ein $^3/_4$stündiger Spaziergang im Freien.								
	1	6.20	8	0,1529		6	0,1421		0,162—0,129 = 0,033	108	Ein leichter Congestivzustand dauert fort, in den Händen und überhaupt im Blut macht sich der Weingenuss fühlbar, doch wird die Marke genau fixirt.
IV	2	6.30	9	0,1499	0,1453	8	0,1438	0,1378	0,163—0,135 = 0,028		
	3	6.34	4	0,1197		4	0,1197		0,123—0,112 = 0,011		
	1	6.46	8	0,1302		7	0,1208		0,127—0,106 = 0,021		
V	2	6.50	9	0,1212	0,1253	9	0,1212	0,1218	0,135—0,103 = 0,032		
	3	6.55	4	0,1242		4	0,1242		0,136—0,113 = 0,023	104	Der Kopf bleibt stetig etwas eingenommen.

Tab. XIII.

2. Juli 1877. **Dietl.** **Weinversuch.**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Beobachtungsreihe.	Beobachtungsgruppe.	Zeit.	Gesammtbeobachtungen. Zahl	Mittel aus der Beobachtungsgruppe.	Mittel aus der Beobachtungsreihe	Die unverlässlichen eliminirt. Zahl	Mittel der Beobachtungsgruppe.	Mittel der Beobachtungsreihe.	Max. Min. Unterschied.	Puls.	Anmerkungen.
	1	12.01	8	0,1492		8	0,1492		0,164—0,140 = 0,024	77	Die Nacht vorher wenig geschlafen, von 3 Uhr an vollständig wach zugebracht; von 5—7 Uhr Spaziergang im Freien. Der Kopf etwas eingenommen, besonders in d. Hinterhauptsgegend. Empfindung leichten Schwindels. Zimmertemperatur 19.7° C.
	2	12.05	8	0,1493	0,1486	7	0,1459	0,1473	0,163—0,126 = 0,037		
	3	12.10	4	0,1460		4	0,1460		0,164—0,133 = 0,031		
I*	1	3.17	8	0,1349	0,1299	7	0,1308	0,1253	0,144—0,116 = 0,028	96	Während dieser Versuchsreihe entlad. sich ein mässiges Gewitter. Kopfschmerzen im Hinterhaupt, Congestionsgefühl — desgleichen während der folgenden Reihe. Zimmertemperatur 20.8° C.
	2	3.27	5	0,1220		4	0,1158		0,135—0,094 = 0,041		
	1	3.35	8	0,1265		8	0,1265		0,148—0,086 = 0,062		
II	2	3.40	9	0,1327	0,1307	8	0,1295	0,1277	0,145—0,104 = 0,041		
	3	3.48	4	0,1347		3	0,1266		0,139—0,118 = 0,021	82	
		3.59 bis 4.15	wird mehr als die Hälfte der Flasche ausgetrunken.								
	1	4.23	8	0,1311		8	0,1311		0,148—0,117 = 0,031	84	Gemeingefühl wie gewöhnlich nach Weingenuss, Kopfschmerz u. Congestion haben sich wesentlich vermindert; das Gewitter hat sich bis 4.30 h gänzlich verzogen. Schon 4.23 h hat sich die aufregende Wirkung des Weingenusses theilweise gelegt. Zimmertemperatur gestiegen auf 21.4°, es brennen einige Gasflammen.
I	2	4.27	8	0,1246	0,1313	7	0,1246	0,1293	0,138—0,116 = 0,022		
	3	4.31	5	0,1332		5	0,1332		0,147—0,122 = 0,025		
	1	4.40	8	0,1308		8	0,1308		0,158—0,099 = 0,059	88	
II	2	4.45	8	0,1306	0,1294	8	0,1306	0,1294	0,138—0,118 = 0,020		
	3	4.49	4	0,1293		4	0,1293		0,137—0,118 = 0,019	90	
		4.56	wird der Rest der Flasche getrunken.								

* In dieser Reihe ist die mittlere Gruppe wegen unregelmässigen Arbeitens des Motors eliminirt worden.

Digitized by Google

2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Beobachtungsgruppe.	Zeit.	Gesammtbeobachtungen. Zahl	Mittel aus der Beobachtungsgruppe.	Mittel aus der Beobachtungsreihe.	Die unverlässlichen eleminirt. Zahl	Mittel aus der Beobachtungsgruppe.	Mittel aus der Beobachtungsreihe.	Max. Min. Unterschied.	Puls.	Anmerkungen.
1	5.09	7	0,1400		7	0,1400		0,160—0,114 = 0,046		
2	5.11	8	0,1324	0,1353	8	0,1324	0,1353	0,149—0,120 = 0,029		
3	5.13	6	0,1338		6	0,1338		0,150—0,116 = 0,034		
1	5.30	9	0,1404		9	0,1404		0,157—0,121 = 0,036	100	Zimmertemp. 21.4° C.
2	5.32	8	0,1511	0,1446	8	0,1511	0,1446	0,170—0,115 = 0,055		
3	5.35	4	0,1410		4	0,1410		0,163—0,128 = 0,035		
	Es folgt ein Spaziergang in freier Luft.									
1	6.30	7	0,1319		7	0,1319		0,153—0,095 = 0,058	98	
2	6.34	9	0,1428	0,1366	8	0,1389	0,1346	0,148—0,130 = 0,018		Zimmertemp. 20.9° C.
3	6.37	4	0,1308		4	0,1308		0,140—0,124 = 0,016		
1	6.49	8	0,1670		6	0,1594		0,169—0,137 = 0,032		Vor diesem Versuche das Bedürfniss der Ruhe und Musse geäussert.
2	6.51	9	0,1555	0,1585	9	0,1555	0,1551	0,174—0,126 = 0,048		
3	6.55	4	0,1480		4	0,1480		0,158—0,144 = 0,014		

Tab. XIV.

19. Juli 1877. Dietl. Weinversuch.

2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Beobachtungsgruppe.	Zeit.	Gesammtbeobachtungen. Zahl	Mittel aus der Beobachtungsgruppe.	Mittel aus der Beobachtungsreihe.	Die unverlässlichen eliminirt. Zahl	Mittel aus der Beobachtungsgruppe.	Mittel aus der Beobachtungsreihe.	Max. Min. Unterschied.	Puls.	Anmerkungen.
1	3.07	7	0,1488		7	0,1484		0,162—0,131 = 0,031	86	Vor der Beobachtungsreihe im Zustand leichter Aufregung. Zwischen der 1. u. 2. Gruppe eine Unterbrechung wegen Unregelmässigkeit im Motor. Zimmertemperatur 19.2° C.
2	3.33	8	0,1477	0,1454	7	0,1529	0,1489	0,166—0,133 = 0,033		
3	3.36	4	0,1355		3	0,1441		0,162—0,129 = 0,033		
1	3.46	8	0,1383		8	0,1383		0,161—0,118 = 0,043		
2	3.55	9	0,1371	0,1382	9	0,1371	0,1376	0,154—0,126 = 0,028		
3	3.59	5	0,1400		4	0,1373		0,160—0,117 = 0,043	84	
	4.12—4.20 h wird ein volles Glas getrunken.									
1	4.22	8	0,1369		8	0,1369		0,151—0,121 = 0,030		
2	4.24	8	0,1329	0,1356	8	0,1329	0,1356	0,150—0,112 = 0,038		
3	4.28	5	0,1380		5	0,1380		0,153—0,110 = 0,043	78	Der Weingenuss wird als leichte Congestion im Kopf gespürt.
	4.37 bis 5.30 h wird der Rest der Flasche successive ausgetrunken, so dass der Wein allmählich in kleinen Gaben und kurzen Zwischenräumen einverleibt wird.									
1	4.40	7	0,1291		6	0,1233		0,132—0,114 = 0,018		
2	4.50	8	0,1461	0,1363	8	0,1461	0,1348	0,157—0,133 = 0,024		Allgemeingefühl wie gewöhnlich nach Weingenuss. Zwischen der 1. und 2. Gruppe liegt eine Pause, während welcher der Motor regulirt wird.
3	4.55	4	0,1294		4	0,1294		0,145—0,118 = 0,027	82	
1	5.12	8	0,1378		6	0,1294		0,143—0,113 = 0,030		
2	5.14	8	0,1329	0,1348	8	0,1329	0,1303	0,142—0,120 = 0,022		Gefühl der Behaglichkeit.
3	5.19	4	0,1325		3	0,1254		0,132—0,121 = 0,011	86	
1	5.30	8	0,1291		7	0,1254		0,134—0,117 = 0,017		Nach subject. Ermessen scheinen die Reactionszeiten kurz zu sein.

Digitized by Google

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Beobachtungsreihe.	Beobachtungsgruppe.	Zeit.	Gesammtbeobachtungen. Zahl	Mittel aus der Beobachtungsgruppe.	Mittel aus der Beobachtungsreihe	Die unverlässlichen eliminirt. Zahl	Mittel aus der Beobachtungsgruppe.	Mittel aus der Beobachtungsreihe.	Max. Min. Unterschied.	Puls.	Anmerkungen.
IV	2	5.34	5	0,1448	0,1348	4	0,1380	0,1314	0,153—0,119 = 0,034		
	3	5.42	6	0,1341		6	0,1341		0,151—0,111 = 0,040	90	Volle Wirkung des Weingenusses, Kopf warm.
	1	5.55	8	0,1363		8	0,1363		0,146—0,125 = 0,021		
V	2	5.58	8	0,1307	0,1289	8	0,1307	0,1283	0,141—0,109 = 0,032		Kopf etwas eingenommen.
	3	6.02	5	0,1180		4	0,1125		0,120—0,108 = 0,012	90	
	1	6.30	7	0,1316		7	0,1316		0,145—0,112 = 0,033		Leichtes Gefühl von Schwindel, wie im Beginn des Berauschtwerdens, doch sind Körperhaltung u. d. Bewegung sicher. Zu Ende der Reihe Kopf etwas schwerer, warm. Im Allgemeinen leichte Abspannung. Zimmertemperatur 19° C. (Gasbeleuchtung).
VI	2	6.35	7	0,1433	0,1366	6	0,1402	0,1351	0,153—0,131 = 0,022		
	3	6.39	4	0,1336		4	0,1336		0,150—0,120 = 0,030	92	
		Ruhiges Verhalten im Zimmer am offenen Fenster.									
	1	7.16	8	0,1297		7	0,1348		0,141—0,119 = 0,022		
VII	2	7.20	8	0,1373	0,1325	7	0,1339	0,1331	0,149—0,110 = 0,039		Zu Ende der Reihe allgemeines Gefühl von Wärme, bes. im Kopf. Zimmertemper. 19.2° C. (Gasbeleuchtung.)
	3	7.23	5	0,1293		5	0,1293		0,152—0,109 = 0,043	88	
	1	7.32	8	0,1381		8	0,1381		0,159—0,127 = 0,022		
VIII	2	7.35	8	0,1326	0,1266	7	0,1250	0,1288	0,131—0,117 = 0,014		
	3	7.39	4	0,1169		4	0,1169		0,131—0,109 = 0,022		

Tab. XV.

4. Mai 1877. Vintschgau. Weinversuch.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Beobachtungsreihe.	Beobachtungsgruppe.	Zeit.	Gesammtbeobachtungen. Zahl	Mittel aus der Beobachtungsgruppe.	Mittel aus der Beobachtungsreihe	Die unverlässlichen eleminirt. Zahl	Mittel aus der Beobachtungsgruppe.	Mittel aus der Beobachtungsreihe.	Max. Min. Unterschied.	Puls.	Anmerkungen.
		3.15 wird mit dem Weintrinken begonnen.									
	1	3.30	9	0,1990		8	0,1938		0,216—0,169 = 0,047	88	
I	2	3.33	10	0,1805	0,1884	10	0,1805	0,1855	0,201—0,146 = 0,055		Leichtes Eingenommensein des Kopfs.
	3	3.40	6	0,1809		5	0,1823		0,187—0,178 = 0,009	94	
		Es wird der Weingenuss fortgesetzt.									
	1	4.20	8	0,1829		7	0,1785		0,202—0,164 = 0,038	86	
II	2	4.27	10	0,1796	0,1817	9	0,1714	0,1755	0,199 – 0,150 = 0,049		
	3	4.31	6	0,1836		5	0,1790		0,196—0,159 = 0,037	88	
		4.50 wird die letzte kleine Portion getrunken.									
	1	4.51	10	0,1648		10	0,1648		0,185—0,152 = 0,033		
III	2	4.54	10	0,1686	0,1691	9	0,1639	0,1658	0,183—0,153 = 0,030		Im Verlaufe der Beobachtungsreihe tritt die subjective Empfindung rascherer Reaction auf.
	3	4.58	6	0,1772		5	0,1730		0,183—0,160 = 0,023	85	
	1	5.27	9	0,1878		8	0,1821		0,200—0,163 = 0,037	92	
IV	2	5.33	10	0,1905	0,1858	9	0,1847	0,1811	0,209—0,154 = 0,055		
	3	5.37	5	0,1729		5	0,1729		0,182—0,164 = 0,018	85	

Digitized by Google

Tab. XVI.

22. Juni 1877. Vintschgau. Weinversuch.

2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Beobachtungsgruppe.	Zeit.	Gesammtbeobachtungen. Zahl	Mittel aus der Beobachtungsgruppe.	Mittel aus der Beobachtungsreihe.	Die unverlässlichen eleminirt. Zahl	Mittel aus der Beobachtungsgruppe.	Mittel aus der Beobachtungsreihe.	Max. Min. Unterschied.	Puls.	Anmerkungen.
1	3.00	9	0,1417		8	0,1398		0,148—0,126 = 0,022		In Folge eiligen Gehens ist V. unmittelbar vor Beginn der Beobachtungsreihe noch erhitzt.
2	3.04	9	0,1424	0,1436	9	0,1424	0,1413	0,153—0,131 = 0,022		
3	3.08	5	0,1494		3	0,1424		0,143—0,142 = 0,001		
1	3.15	9	0,1877		9	0,1377		0,150—0,120 = 0,030	104	Zimmertemper. 21.7°—21.8° C.
2	3.40	9	0,1626	0,1507	7	0,1573	0,1475	0,174—0,138 = 0,036		Vor dieser Gruppe eine Unterbrechung wegen mangelhaften Arbeitens des Schreibapparates.
3	3.43	4	0,1524		4	0,1524		0,163—0,145 = 0,018	104	
	3.55 bis 4.15 wird ca. $^2/_5$ einer Flasche Champagner getrunken.									
1	4.15	9	0,1603		8	0,1596		0,167—0,153 = 0,014	104	
2	4.20	8	0,1511	0,1553	7	0,1467	0,1529	0,164—0,129 = 0,035		Der Beobachtete fühlt sich mehr schläfrig als erregt. Zimmertemper. 21.8° C.
3	4.25	5	0,1511		5	0,1511		0,164—0,141 = 0,023	104	
	4.45 ist die Flasche bis zur Hälfte geleert.									
1	4.45	9	0,1473		9	0,1473		0,161—0,133 = 0,028	98	Leichtes Gefühl von Schwindel; die Gegenstände scheinen zu schwanken. Druck in der Schläfegegend; bei den Beobachtungen der 2. Gruppe nach subject. Ermessen kurze Reactionszeiten. Zimmertemp. 21.8° C.
I 2	4.50	8	0,1567	0,1499	8	0,1567	0,1486	0,167—0,140 = 0,027		
3	4.55	8	0,1462		7	0,1409		0,167—0,120 = 0,047		
1	5.20	8	0,1469		7	0,1429		0,159—0,131 = 0,028	96	
I 2	5.25	7	0,1296	0,1389	6	0,1296	0,1367	0,138—0,106 = 0,032		Unruhiger aber nicht flüchtiger Ideengang.
3	5.30	5	0,1392		5	0,1392		0,145—0,124 = 0,021		
1	5.38	9	0,1563		8	0,1536		0,161—0,144 = 0,017		
V 2	5.40	8	0,1483	0,1516	7	0,1440	0,1490	0,159—0,130 = 0,029		
3	5.45	5	0,1486		5	0,1486		0,158—0,135 = 0,023	98	
	Es wird ein Glas Wasser genommen; darauf Spaziergang im Freien mit mässiger Bewegung.									
1	6.52	9	0,1514		8	0,1488		0,158—0,135 = 0,023		Zimmertemp. 21.8° C.
7 2	7.00	6	0,1512	0,1488	5	0,1487	0,1487	0,154—0,134 = 0,020		
1	7.20	9	0,1689		8	0,1667		0,175—0,153 = 0,022		
I 2	7.24	9	0,1662	0,1614	9	0,1662	0,1614	0,175—0,151 = 0,024		Allgemeinbefinden normal, Zimmertemperat. 22.0° C.
3	7.26	5	0,1526		5	0,1526		0,165—0,144 = 0,021	100	

Digitized by Google

Tab. XVII.

6. Juli 1877. **Vintschgau.** Weinversuch.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Beobach-tungsreihe.	Beobachtungs-gruppe.	Zeit.	Gesammtbeobachtungen. Zahl	Mittel aus der Beobachtungsgruppe.	Mittel aus der Beobachtungsreihe.	Die unverlässlichen eleminirt. Zahl	Mittel aus der Beobachtungsgruppe.	Mittel aus der Beobachtungsreihe.	Max. Min. Unterschied.	Puls.	
	1	8.45	8	0,1630		6	0,1553		0,164—0,140 = 0,024	91	
I	2	8.47	7	0,1531	0,1575	7	0,1531	0,1542	0,165—0,135 = 0,030		
	3	8.50	4	0,1543		4	0,1543		9,161—0,143 = 0,018		
	1	9.00	8	0,1577		7	0,1537		0,178—0,140 = 0,038		
II	2	9.02	8	0,1526	0,1567	8	0,1526	0,1551	0,176—0,136 = 0,040		
	3	9.05	4	0,1627		4	0,1627		0,175—0,151 = 0,024		
		Es folgt eine ungefähr 2stündige Vorlesung.									
	1	11.08	8	0,1674		4	0,1550		0,159—0,151 = 0,008		
I	2	11.10	8	0,1465	0,1530	8	0,1465	0,1466	0,161—0,130 = 0,031		
	3	11.15	5	0,1403		5	0,1403		0,150—0,135 = 0,015		
	1	11.50	8	0,1527		7	0,1502		0,160—0,141 = 0,019		
II	2	11.53	8	0,1576	0,1546	7	0,1549	0,1526	0,171—0,139 — 0,032		
	3	12.00	5	0,1526		5	0,1526		0,160—0,140 = 0,020		
		Längere Unterbrechung. Mittagsmahl.									
	1	3.00	8	0,1583		8	0,1583		0,170—0,147 = 0,023	111	
I	2	3.04	8	0,1633	0,1601	8	0,1633	0,1601	0,179—0,132 = 0,047		
	3	3.08	4	0,1580		4	0,1580		0,169—0,147 = 0,022	101	
	1	3.15	8	0,1694		6	0,1646		0,183—0,145 = 0,038		
II	2	3.20	8	0,1519	0,1585	8	0,1519	0,1558	0,161—0,130 = 0,031		
	3	3.25	5	0,1516		5	0,1516		0,162—0,142 = 0,020	96	
		3.43 bis 3.55 wird ca. $^1/_3$ der Flasche getrunken.								91—93	
	1	3.58	8	0,1584		8	0,1584		0,174—0,143 = 0,031		
I	2	4.02	8	0,1624	0,1603	7	0,1585	0,1584	0,173—0,142 = 0,031	92	
	1	4.23	8	0,1561		6	0,1489		0,154—0,144 = 0,010		
II	2	4.28	9	0,1555	0,1515	7	0,1510	0,1465	0,162—0,140 = 0,022		
	3	4.30	5	0,1371		5	0,1371		0,150—0,119 = 0,031	91	
		4.40—4.53 h wird ca. die Hälfte der Flasche geleert.									
	1	4.55	8	0,1537		7	0,1507		0,174—0,131 = 0,043		
III	2	4.59	8	0,1502	0,1508	8	0,1502	0,1495	0,162—0,141 = 0,021		
	3	5.01	4	0,1445		3	0,1445		0,152—0,134 = 0,018	87	
	1	5.10	8	0,1694		8	0,1694		0,190—0,149 = 0,041		
IV	2	5.34	9	0,1667	0,1665	9	0,1667	0,1665	0,180—0,147 = 0,033		
	3	5.36	3	0,1589		3	0,1589		0,166—0,145 = 0,021	87	
		Es wird eine Stunde ruhig, nicht sitzend zugebracht.									
	1	6.37	9	0,1587		7	0,1531		0,172—0,136 = 0,036	90	
V	2	6.40	7	0,1408	0,1493	7	0,1408	0,1456	0,157—0,130 = 0,027		
	3	6.44	5	0,1442		4	0,1412		0,155—0,139 = 0,016		
	1	6.50	7	0,1479		7	0,1479		0,166—0,135 = 0,031		
VI	2	6.54	7	0,1560	0,1519	6	1,1530	0,1509	0,160—0,142 = 0,018		
	3	6.58	6	0,1516		6	0,1516		0,162—0,142 = 0,020	84	

Digitized by Google

Tab. XVIII.

14. Juli 1877. Vintschgau. Weinversuch.

2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Gesammtbeobachtungen.			Die unverlässlichen eliminirt.					
Beobachtungsgruppe.	Zeit.	Zahl	Mittel aus der Beobachtungsgruppe.	Mittel aus der Beobachtungsreihe.	Zahl	Mittel aus der Beobachtungsgruppe	Mittel aus der Beobachtungsreihe.	Max. Min. Unterschied.	Puls.	Anmerkungen.
1	3.05	8	0,1684		7	0,1646		0,185—0,151 = 0,034	100	Zimmertemp. 19.5° C.
2	3.12	10	0,1603	0,1639	10	0,1603	0,1621	0,184—0,138 = 0,046		
1	3.24	4	0,1675		4	0,1675		0,175—0,158 = 0,017	93	
2	3.28	8	0,1511	0,1544	7	0,1485	0,1536	0,161—0,127 = 0,034		
3	3.32	8	0,1512		8	0,1512		0,160—0,134 = 0,026	94	
	3.47 wird ein Glas Wein getrunken.									
1	3.53	8	0,1502		8	0,1502		0,170—0,137 = 0,033		
2	4.00	8	0,1678	0,1589	7	0,1669	0,1571	0,166—0,133 = 0,033		Zimmertemp. 19.8° C.
3	4.03	4	0,1586		3	0,1527		0,163—0,133 = 0,030		
	4.08 bis 4.55 h wird successive Wein genommen bis ca. $^3/_4$ der Flasche geleert ist.									
1	4.14	8	0,1547		8	0,1547		0,168—0,145 = 0,023	93	
2	4.16	8	0,1504	0,1533	8	0,1504	0,1533	0,169—0,130 = 0,039		
3	4.20	5	0,1557		5	0,1557		0,167—0,140 = 0,027	97	
1	4.35	8	0,1539		7	0,1517		0,163—0,131 = 0,032		
2	4.37	8	0,1554	0,1543	8	0,1554	0,1535	0,165—0,136 = 0,029		Das Benehmen V.'s erscheint objectiv rascher und entschiedener.
3	4.40	4	0,1529		4	0,1529		0,160—0,150 = 0,010	90	
1	4.50	8	0,1455		8	0,1455		0,158—0,131 = 0,027		Die Wirkung des Weins macht sich als erhöhte Agilität fühlbar und bemerkbar.
2	4.53	6	0,1450	0,1447	6	0,1450	0,1447	0,155—0,141 = 0,014		
3	4.55	5	0,1432		5	0,1432		0,154—0,113 = 0,141	90	
1	5.15	7	0,1483		7	0,1483		0,153—0,139 = 0,014		
2	5.20	8	0,1556	0,1517	8	0,1556	0,1517	0,165—0,138 = 0,027		Dem Beobachteten erscheint nach s. subject. Ermessen die Reaction spät zu erfolgen.
3	5.23	4	0,1525		4	0,1525		0,155—0,151 = 0,004	85	
	Kleine Unterbrechung, ruhiges Verhalten.									
1	5.42	8	0,1531		6	0,1460		0,159—0,135 = 0,024		
2	5.47	8	0,1506	0,1497	8	0,1506	0,1471	0,160—0,133 = 0,027		
3	5.52	5	0,1428		5	0,1428		0,150—0,130 = 0,020	92	Nach subject. Ermessen langsame Reaction.
	Längere Unterbrechung, ruhiges Verhalten.									
1	6.35	7	0,1574		5	0,1586		0,165—0,153 = 0,012	100	Schläfrigkeit macht sich in Gefühl und Benehmen geltend; Bewusstsein langsamer Reaction. Zimmertemp. 20.2° C. (Gasbeleuchtung.)
2	6.45	8	0,1482	0,1481	8	0,1482	0,1474	0,158—0,138 = 0,020		
3	6.47	5	0,1350		5	0,1350		0,141—0,126 = 0,013	94	

Digitized by Google

Anhang.

Versuch vom 13. Juni 1877. Dietl.

Berührung der rechten Mittelfingerspitze.

Gewitterschwüle. Zimmertemper. 21.2° C.

I. Reihe.

Zeit.	Fortlfd. Nr.	Calcül.	Reactionszeit ohne Correctur.	Anmerkungen.
3.00	1	gut	0,1760	
	2	„	0,1429	
	3	„	0,1885	
	4	„	0,1548	
	5	„	0,1563	
	6	„	0,1748	
	7	„	0,1698	
3.06	8	„	0,1376	
*	9	vielleicht nicht gut	0,1014	
	10	gut	0,1661	
	11	„	0,1662	
	12	„	0,1596	
	13	„	0,1494	
	14	„	0,1634	
	15	„	0,1686	
*	16	„	0,1986	
3.10	17	zu spät	0,1704	
	18	gut	0,1232	
	19	„	0,1829	
	20	zu spät	0,1510	
	21	gut	0,1514	

II. Reihe.

	1	gut	0,1503	
	2	„	0,1469	
	3	„	0,1731	
*	4	„	0,2015	
	5	„	0,1605	
	6	„	0,1644	
	7	„	0,1387	
	8	„	0,1525	
3.30	9	„	0,1508	
	10	„	0,1451	
	11	„	0,1371	
	12	„	0,1442	
	13	„	0,1623	
	14	„	0,1420	
	15	„	0,1227	
	16	„	0,1474	
	17	„	0,1358	
3.35	18	„	0,1457	
	19	„	0,1510	
	20	gut	0,1343	
	21	„	0,1502	
4,00	22	„	0,1594	

Morphiumversuch.

4.13 werden 0,03 grm Morph. hydrochlor. am linken Unterschenkel injicirt.

Gewitterschwüle. Zimmertemper. 21.2° C.

I. Reihe.

4.16	1	gut	0,1376	
	2	„	0,1462	
	3	„	0,1586	
	4	„	0,1602	
	5	„	0,1840	
	6	„	0,1647	
	7	„	0,1751	
	8	„	0,1559	
4.18	9	„	0,1711	
4.20	10	„	0,1381	
	11	„	0,1696	
	12	„	0,1489	
	13	„	0,1706	
	14	„	0,1683	
	15	„	0,1363	
	16	„	0,1571	
	17	„	0,1773	
	18	„	0,1890	
4.23	19	„	0,1574	
	20	„	0,1876	
	21	„	0,1539	
	22	„	0,1640	
4.25	23	„	0,1618	

II Reihe.

4.32	1	gut	0,1450	
	2	„	0,1817	
	3	„	0,1857	
	4	„	0,1712	
*	5	schlecht berührt	0,2159	
	6	gut	0,1564	
	7	„	0,1720	
	8	„	0,1538	
4.37				
*	9	„	0,2094	
	10	„	0,1565	
	11	„	0,1494	
	12	„	0,1676	

Digitized by Google

Zeit.	Fortlfd. Nr.	Calcül.	Reactionszeit ohne Correctur.	Anmerkungen.
	13	gut	0,1556	
	14	„	0,1757	
	15	„	0,1739	
	16	„	0,1760	
	17	„	0,1666	
4.40				
	18	„	0,1588	
	19	„	0,1615	
	20	„	0,1666	
	21	„	0,1640	
4.45	22	„	0,1570	
4.53	werden noch 0,01 grm Morphium injicirt.			
	III. Reihe.			
4.56	1	gut	0,1760	Zimmertemper. 21.2° C.
	2	„	0,1647	
	3	„	0,1671	
	4	„	0,1482	
	5	„	0,1590	
	6	„	0,1431	
	7	„	0,1649	
	8	„	0,1518	
4.59				
	9	„	0,1437	
	10	„	0,1656	
	11	„	0,1639	
	12	„	0,1469	
	13	„	0,1639	
	14	„	0,1485	
	15	„	0,1761	
	16	„	0,1808	
	17	„	0,1515	
5.02				
	18	„	0,1627	
	19	„	0,1811	
	20	„	0,2118	
	21	„	0,1919	
	22	„	0,2006	
5.07*	23	„	0,2844	
	IV. Reihe.			
5.35	1	gut	0,1820	Zimmertemper. 21.4° C.
	2	„	0,1638	
	3	„	0,1833	
	4	„	0,1723	
	5	„	0,1645	
	6	„	0,1972	
	7	„	0,1594	
	8	„	0,1591	
5.49				
	9	„	0,1607	
	10	„	0,1534	
	11	gut	0,1806	
	12	„	0,1901	
5.53				
	13	„	0,1512	
	14	„	0,1581	
	15	„	0,1696	
	16	„	0,1556	
	17	„	0,1569	
	18	„	0,1852	
	19	„	0,1627	
	20	„	0,1900	
5.56	21	„	0,1957	
	V. Reihe.			
6.21	1	gut	0,1709	
	2	„	0,1871	
	3	„	0,1985	
	4	„	0,1597	
	5	„	0,1531	
	6	„	0,1687	
	7	„	0,1879	
	8	„	0,1711	
6.26				
	9	„	0,1586	
	10	„	0,1516	
	11	„	0,1733	
	12	„	0,1616	
	13	„	0,1660	
	14	„	0,1578	
	15	„	0,1738	
	16	„	0,1667	
6.30				
	17	„	0,1837	
	18	„	0,1489	
	19	„	0,1286	
	20	„	0,1391	
	21	„	0,1297	
6.38	22	„	0,1411	

Gefühl von leichter Aufregung und Ungeduld; prickelndes Jucken an der Nase und den Lippen leichte Anwandlung v. Schwindel.

Zimmertemper. 21.4° C.

An die Luft gekommen stellt sich leichtes Schwindelgefühl ein, in der Conversation schwerfällige Ausdrucksweise. Abends werden genommen: 2 Tassen schwarzer Caffé, 2 Eier mit grünem Salat, ein Liter Bier; das Allgemeinbefinden wird übel, das collabirte Aussehen der Umgebung auffällig. Später stellt sich Erbrechen ein. Darauf relatives Wohlbefinden; es

Digitized by Google

besteht das Unvermögen, Urin zu entleeren. Die Nacht wird bis 2 Uhr schlaflos zugebracht, doch ohne Unbehagen, nur eine Zeitlang besteht Jucken an verschiedenen Körperstellen, später tritt Schweiss auf. Das Bewusstsein oscillirt um die Schwelle. Im Allgemeinen fortwährendes Ideenspiel, dessen Inhalt besonders Selbstbeobachtung bildet. Des andern Tags früh leichte Ermüdung.

Versuch vom 25. Mai 1877. Dietl.

Berührung der rechten Mittelfingerspitze.

I. Reihe.

Zeit.	Fortlfd. Nr.	Calcül.	Reactionszeit ohne Correctur.	Anmerkungen.
3.10	1	gut	0,1352	
	2	„	0,1500	
	3	„	0,1355	
	4	„	0,1325	
	5	„	0,1112	
	6	„	0,1018	
3.16				
	7	„	0,1505	
	8	„	0,1531	
	9	„	0,1222	
	10	„	0,1369	
	11	„	0,1419	
	12	„	0,1337	
	13	„	0,1341	
3.19				
	14	„	0,1370	
*	15	zu spät	0,1933	
	16	gut	0,1498	
	17	„	0,1190	
	18	„	0,1386	
3.25	19	„	0,1389	

II. Reihe.

3.35	1	gut	0,1406	
	2	„	0,1509	
	3	„	0,1408	
	4	„	0,1357	
	5	„	0,1518	
	6	„	0,1432	
	7	„	0,1476	
	8	„	0,1273	
3.38				
	9	etwas spät	0,1259	
	10	gut	0,1594	
	11	„	0,1471	
	12	„	0,1551	
	13	„	0,1423	
	14	„	0,1314	
	15	„	0,1668	
	16	gut	0,1531	
3.42				
	17	„	0,1435	
	18	„	0,1557	
	19	„	0,1329	
	20	„	0,1498	
	21	„	0,1672	

III. Reihe.

4.25	1	gut	0,1358	
	2	„	0,1503	
	3	„	0,1488	
	4	„	0,1474	
	5	„	0,1392	
	6	„	0,1557	
	7	„	0,1476	
	8	„	0,1350	
4.28				
	9	„	0,1292	
	10	„	0,1521	
*	11	sehr gut	0,1774	
	12	„	0,1411	
	13	gut	0,1528	
*	14	„	0,2478	
	15	„	0,1350	
	16	„	0,1695	
*	17	„	0,1121	
4.32				
	18	„	0,1455	
	19	„	0,1531	
	20	„	0,1335	
	21	„	0,1580	
*	22	„	0,1711	
4.35	23	„	0,1318	

IV. Reihe.

5.06	1	gut	0,1246	
	2	„	0,1480	
	3	„	0,1202	
	4	„	0,1373	
	5	„	0,1486	
	6	„	0,1517	
	7	„	0,1618	
	8	„	0,1265	
	9	„	0,1431	
5.09				
	10	„	0,1237	
	11	„	0,1381	
*	12	„	0,1706	
	13	„	0,1476	
	14	„	0,1479	
	15	„	0,1472	

Digitized by Google

Zeit.	Fortlfd. Nr.	Calcül.	Reactionszeit ohne Correctur.	Anmerkungen.
	16	gut	0,1360	
	17	„	0,1313	
5.11				
	18	„	0,1212	
	19	„	0,1511	
	20	„	0,1324	
	21	„	0,1482	
5.13	22	„	0,1244	
5.40	wird die erste			
5.52	die zweite Tasse Caffée getrunken zusammen aus 40 grm (Ceylon u. Mokka).			
		I. Reihe.		
6.00	1	vielleicht zu spät	0,1322	
	2	gut	0,1369	
	3	„	0,1316	
	4	„	0,1100	
	5	„	0,1336	
	6	„	0,1266	
	7	„	0,1443	
	8	„	0,1147	
	9	„	0,1186	
6.05				
	10	„	0,1126	
	11	„	0,1168	
	12	„	0,1070	
	13	„	0,0950	
	14	„	0,1221	
	15	„	0,1287	
	16	„	0,1022	
	17	„	0,1188	
	18	„	0,1076	
6.08	19	„	0,1144	
6.10				
	20	„	0,1010	
	21	„	0,1285	
	22	„	0,1128	
	23	„	0,0936	
6.12	24	„	0,1086	
		II. Reihe.		
6.21	1	gut	0,1094	In den Versuchen 1—9 war die Aufmerksamkeit
	2	„	0,1222	
	3	„	0,1304	
*	4	„	0,1614	
	5	gut	0,1224	durch ein Geräusch am Apparate etwas abgelenkt.
	6	„	0,1287	
	7	„	0,1003	
	8	„	0,1206	
6.26				
	9	zu spät?	0,1158	
	10	gut	0,1093	
	11	„	0,1183	
	12	„	0,1142	
	13	„	0,1187	
	14	„	0,1151	
	15	„	0,1118	
	16	„	0,1176	
	17	„	0,1223	
6.31				
	18	zu spät?	0,1154	
	19	„	0,1304	
	20	„	0,0939	
	21	„	0,1291	
	22	gut	0,1145	
6.35	23	„	0,1144	
		III. Reihe.		
6.47	1	gut	0,1349	
	2	„	0,1099	
	3	„	0,1032	
	4	„	0,1021	
	5	„	0,1291	
	6	„	0,1176	
	7	„	0,1139	
	8	„	0,1147	
	9	„	0,1057	
6.51				
	10	„	0,1198	
	11	„	0,1142	
	12	„	0,1228	
	13	„	0,1030	
	14	„	0,1070	
	15	„	0,1187	
	16	„	0,1171	
	17	„	0,0830	
6.57				
*	18	„	0,1501	
	19	„	0,1188	
	20	„	0,1114	
	21	„	0,1045	
7.00	22	„	0,1138	

Digitized by Google

Zeit.	Fortlfd. Nr.	Calcül.	Reactionszeit ohne Correctur.	Anmerkungen.
Versuch vom 1. Juni 1877. v. Vintschgau.				
Berührung der rechten Mittelfingerspitze.				
		I. Reihe.		Die Gemüthsstimmung ist nicht ruhig.
3.10	1	zu spät	0,1726	
	2	gut	0,1629	
	3	„	0,1536	
	4	„	0,1618	
	5	zu spät	0,1315	
	6	sehr gut	0,1783	
	7	zu spät	0,1917	
*	8	gut	0,2044	
	9	„	0,1734	
3.20				
	10	„	0,1673	
	11	„	0,1659	
	12	„	0,1541	
	13	„	0,1664	
	14	„	0,1850	
	15	„	0,1638	
	16	„	0,1732	
	17	„	0,1498	
	18	„	0,1898	
3.25				
	19	zu spät	0,1592	
	20	gut	0,1698	
	21	„	0,1642	
	22	„	0,1951	
	23	„	0,1731	
3.30	24	„	0,1546	
		II. Reihe.		
3.40	1	gut	0,1702	
	2	„	0,1761	
	3	„	0,1520	
	4	„	0,1595	
	5	„	0,1763	
	6	„	0,1750	
	7	zu spät	0,1443	
	8	gut	0,1832	
	9	„	0,1625	
3.45				
	10	„	0,1655	
	11	„	0,1690	
	12	„	0,1596	
	13	„	0,1546	
	14	„	0,1770	
	15	„	0,1580	
	16	„	0,1692	
	17	„	0,1864	
	18	„	0,1699	
3.53				
	19	gut	0,1761	
	20	„	0,1921	
*	21	zu spät	0,2538	
	22	gut	0,1545	
*	23	zu spät	0,2062	
3.56	24	gut	0,1644	
4.13 wird die erste				
4.45 die zweite Tasse Caffé getrunken zusammen aus 40 grm (Ceylon u. Mocca).				
		I. Reihe.		
4.50	1	zu spät?	0,1791	
	2	gut	0,1646	
	3	„	0,1771	
	4	„	0,1639	
	5	„	0,1600	
	6	„	0,1672	
	7	zu spät?	0,1611	
	8	gut	0,1335	
4.52				
	9	„	0,1641	
	10	zu spät?	0,1471	
	11	gut	0,1488	
	12	„	0,1389	
	13	„	0,1351	
	14	„	0,1519	
	15	„	0,1411	
	16	„	0,1356	
	17	„	0,1339	
4.54				
	18	„	0,1538	
	19	„	0,1728	
	20	„	0,1595	
	21	„	0,1578	
	22	„	0,1698	
4.57	23	„	0,1649	
		II. Reihe.		
5.05	1	zu spät?	0,1550	
	2	gut	0,1808	
*	3	„	0,1938	
	4	zu spät	0,1644	
	5	gut	0,1782	
	6	„	0,1713	
	7	„	0,1217	
	8	„	0,1431	
	9	„	0,1445	

Digitized by Google

Zeit.	Fortlfd. Nr.	Calcül.	Reactionszeit ohne Correctur.	Anmerkungen.
5.08				
	10	gut	0,1749	
	11	„	0,1789	
	12	„	0,1610	
	13	„	0,1492	
	14	zu spät	0,1513	
	15	„	0,1446	
	16	„	0,1425	
	17	„	0,1194	
	18	„	0,1457	
5.12				
	19	gut	0,1671	
	20	„	0,1522	
	21	zu spät?	0,1542	
	22	gut	0,1436	
	23	„	0,1432	
5.15	24	„	0,1478	

5.30 wird die 8. Tasse, aus 20 grm getrunken.

III. Reihe.

5.35	1	zu spät?	0,1659	
*	2	„	0,2113	
	3	gut	0,1445	
	4	zu spät?	0,1450	
	5	gut	0,1257	
	6	„	0,1162	
	7	„	0,1329	
	8	„	0,1484	
5.38				
*	9	zu spät	0,1715	
	10	gut	0,1255	
	11	„	0,1427	
	12	„	0,1224	
	13	„	0,1326	
	14	zu spät	0,1498	
	15	gut	0,1418	
	16	„	0,1468	
5.42				
	17	zu spät?	0,1485	
	18	gut	0,1287	
	19	„	0,1319	
	20	„	0,1383	
5.45	21	„	0,1415	

IV. Reihe.

5.50	1	gut	0,1330	Gefühl der Abspannung (vielleicht in Folge des Arbeitens).
	2	„	0,1408	
	3	„	0,1386	
	4	„	0,1424	
	5	„	0,1412	
	6	„	0,1409	
	7	„	0,1585	
	8	gut	0,1368	
	9	„	0,1253	
5.54				
	10	gut?	0,1586	
	11	zu spät	0,1535	
	12	gut	0,1265	
	13	„	0,1356	
*	14	zu spät	0,1650	
	15	gut	0,1285	
*	16	„	0,1798	
*	17	zu spät	0,1712	
	18	gut	0,1420	
5.58				
*	19	„	0,1620	Schlecht geschrieben.
	20	„	0,1367	
	21	„	0,1468	Bei den Versuchen 19—23 mag die Aufmerksamkeit etwas abgelenkt gewesen sein.
	22	„	0,1378	
6,00	23	„	0,1432	

V. Reihe.

6.30	1	zu spät	0,1643	Die Reactionszeiten erscheinen d. subjectiven Ermessen nach lang.
	2	gut	0,1235	
	3	zu spät?	0,1300	
	4	gut	0,1558	
*	5	„	0,1771	
	6	„	0,1497	
	7	„	0,1223	
	8	zu spät	0,1277	
6.33				
*	9	zu spät?	0,1610	
*	10	gut	0,1609	
	11	„	0,1305	
	12	„	0,1257	
	13	„	0,1258	
	14	„	0,1214	
	15	„	0,1391	
	16	„	0,1368	
	17	„	0,1339	
6.36				
	18	„	0,1896	
	19	„	0,1225	
	20	zu spät	0,1359	
	21	gut	0,1348	
6.38	22	„	0,1479	

Digitized by Google

Versuch vom 6. Juli 1877. v. Vintschgau.

Berührung der rechten Mittelfingerspitze.

Zeit.	Fortlfd. Nr.	Calcül.	Reactionszeit ohne Correctur.	Anmerkungen.
		I. Reihe.		Dem Versuche gieng ein kurzer Weg, mässiges Frühstück, keine geistige Anstrengung voraus. Zimmertemperatur 20.2° C.
8.45	1	gut	0,1356	
*	2	„	0,1832	
	3	zu spät?	0,1558	
	4	gut	0,1354	
	5	„	0,1595	
	6	„	0,1586	
*	7	„	0,1788	
	8	„	0,1573	
8.47				
	9	„	0,1591	Zerstreuung wegen des Motors.
	10	„	0,1466	
	11	zu spät	0,1600	
	12	„	0,1433	
	13	„	0,1383	
	14	zu spät?	0,1305	
	15	„	0,1593	
8.50				
	16	gut	0,1464	
	17	„	0,1380	
	18	„	0,1564	
8.58	19	„	0,1565	
		II. Reihe.		
9.00	1	gut	0,1734	
*	2	zu spät?	0,1809	
	3	„	0,1561	
	4	gut	0,1479	
	5	„	0,1468	
	6	„	0,1456	
	7	„	0,1365	
	8	„	0,1348	
9.02				
	9	„	0,1447	
	10	„	0,1395	
	11	zu spät	0,1398	
	12	gut	0,1603	
	13	„	0,1476	
	14	„	0,1468	
	15	„	0,1708	
	16	„	0,1314	
9.05				
	17	„	0,1463	
	18	„	0,1700	
	19	„	0,1573	
9.08	20	„	0,1575	

Zeit.	Fortlfd. Nr.	Calcül.	Reactionszeit ohne Correctur.	Anmerkungen.
		I. Reihe.		Unmittelbar nach einer 2-stündigen Vorlesung (deutsch und ital. über die gleiche Materie).
11.06				
*	1	zu spät?	0,1753	
*	2	„	0,1678	
*	3	gut	0,1801	
	4	„	0,1469	
	5	„	0,1465	
	6	„	0,1545	
*	7	zu spät?	0,1761	
	8	gut	0,1523	
11.10				
	9	„	0,1444	
	10	„	0,1561	
	11	„	0,1340	
	12	„	0,1472	
	13	„	0,1459	
	14	„	0,1254	
	15	zu spät?	0,1348	
	16	gut	0,1440	
11.15				
	17	zu spät	0,1301	
	18	gut	0,1451	
	19	„	0,1337	
	20	„	0,1330	
11.17	21	„	0,1344	
		II. Reihe.		Vor dieser Reihe wurden nur geringfügige Beschäftigungen im Laboratorium vorgenommen. Leichte, nicht permanente Eingenommenheit des Kopfes.
11.50	1	gut	0,1491	
	2	„	0,1461	
	3	„	0,1445	
*	4	zu spät?	0,1648	
	5	gut	0,1551	
	6	„	0,1362	
	7	„	0,1388	
	8	„	0,1469	
11.55				
	9	zu spät	0,1504	
	10	gut	0,1400	
*	11	zu spät	0,1723	
	12	sehr gut	0,1436	
	13	gut	0,1342	
	14	„	0,1497	
	15	„	0,1660	
	16	„	0,1651	
12.00				
	17	zu spät?	0,1424	
	18	„	0,1523	
	19	gut	0,1346	
	20	„	0,1542	
12.04	21	„	0,1548	

Digitized by Google

Zeit.	Fortlfd. Nr.	Calcül.	Reactionszeit ohne Correctur.	Anmerkungen.
		I. Reihe.		Vor derselben mässiges Mittagsmahl mit einer Tasse Caffé, keine geistige Anstrengung, Zeitungslectüre, kurze Wegstrecke. Zimmertemperatur 20.4° C.
3.00	1	gut	0,1652	
	2	„	0,1589	
	3	sehr gut	0,1430	
	4	gut	0,1456	
	5	„	0,1532	
	6	„	0,1424	
	7	„	0,1541	
	8	„	0,1643	
3.04				
	9	zu spät	0,1681	
	10	gut	0,1566	
	11	„	0,1501	
	12	„	0,1671	
	13	zu spät	0,1660	
	14	gut	0,1577	
	15	„	0,1275	
	16	„	0,1737	
3.05				
	17	„	0,1643	
	18	„	0,1419	
	19	„	0,1425	
3.10	20	„	0,1635	
		II. Reihe.		
3.15	1	zu spät	0,1784	
	2	gut	0,1400	
	3	„	0,1460	
	4	zu spät?	0,1676	
	5	gut	0,1533	
	6	„	0,1721	
*	7	zu spät	0,1986	
*	8	gut	0,1591	Schlecht geschrieben.
3.20				
	9	zu spät	0,1537	
	10	„	0,1545	
	11	gut	0,1424	
	12	„	0,1552	
	13	sehr gut	0,1453	
	14	gut	0,1434	
	15	„	0,1253	
	16	„	0,1560	
3.25				
	17	„	0,1451	
	18	„	0,1367	
	19	„	0,1470	
	20	„	0,1469	
3.30	21	„	0,1569	
3.43	wird begonnen Champagner zu trinken bis			
3.55	war etwa $^1/_8$ der Flasche genommen.			

Zeit.	Fortlfd. Nr.	Calcül.	Reactionszeit ohne Correctur.	Anmerkungen.
		I. Reihe.		
3.58	1	zu spät?	0,1693	
	2	gut?	0,1537	
	3	gut	0,1376	
	4	„	0,1557	
	5	„	0,1568	
	6	„	0,1477	
	7	sehr gut	0,1378	
	8	gut	0,1684	
4.02				
*	9	zu spät	0,1851	Die folgenden Beobachtungen dieser Reihe wurden nicht benutzt, da der Motor nicht regelmässig functionirte. Vor d. nächsten Reihe werden die Apparate corrigirt.
	10	gut	0,1660	
	11	„	0,1464	
	12	zu spät	0,1598	
	13	gut	0,1677	
	14	„	0,1500	
	15	„	0,1367	
4,05	16	„	0,1476	
		II. Reihe.		
4.23	1	zu spät	0,1417	
	2	gut	0,1433	
*	3	„	0,1669	
	4	„	0,1455	
	5	„	0,1392	
	6	„	0,1449	
*	7	„	0,1785	
	8	„	0,1488	
4.28				
	9	zu spät	0,1566	
	10	gut	0,1484	
	11	„	0,1508	
*	12	„	0,1506	unverlässlich
	13	„	0,1426	weil schlecht
*	14	zu spät	0,1820	geschrieben.
	15	gut	0,1390	
	16	„	0,1499	
	17	„	0,1349	
4.30				
	18	mittelmässig	0,1355	
	19	gut	0,1278	
	20	zu spät	0,1453	
	21	sehr gut	0,1142	
4.34	22	gut	0,1378	
Von 4.40 h — 4.53 h wird weiter Wein genommen bis ca. die Hälfte der Flasche.				
		III. Reihe.		
4.55*	1	zu spät	0,1692	Zimmertemperatur 20.9° C.
	2	gut	0,1465	
	3	„	0,1447	

Digitized by Google

Zeit.	Fortlfd. Nr.	Calcül.	Reactionszeit ohne Correctur.	Anmerkungen.
	4	gut	0,1571	
	5	„	0,1458	
	6	„	0,1258	
	7	„	0,1544	
	8	„	0,1460	
4.58				
	9	„	0,1385	
	10	„	0,1362	
	11	„	0,1469	
	12	„	0,1456	
	13	„	0,1475	
	14	„	0,1424	
	15	sehr gut	0,1481	
	16	gut	0,1566	
	17	„	0,1426	
*	18	zu spät	0,2032	
	19	gut	0,1291	
5.03	20	sehr gut	0,1469	
		IV. Reihe.		
5.10	1	zu spät	0,1714	Vor dem Versuche Gefühl der Aufregung.
	2	„	0,1683	
	3	gut	0,1715	
	4	„	0,1440	
	5	„	0,1527	
	6	„	0,1629	
	7	„	0,1853	Zwischen der 1. u. 2. Gruppe nimmt die Correction d. Apparate längere Zeit in Anspruch; darob ärgerliche Aufregung.
	8	„	0,1590	
5.34	9	„	0,1552	
	10	zu spät	0,1748	
	11	gut	0,1536	
	12	„	0,1424	
	13	„	0,1627	
	14	„	0,1683	
	15	„	0,1514	
	16	„	0,1721	
	17	„	0,1738	
5.36				
	18	„	0,1401	
	19	„	0,1605	
5.38	20	„	0,1613	

Es wird nun eine Stunde zum grössten Theil ruhig verbracht. — Leichte Eingenommenheit des Kopfs, Gefühl von Schläfrigkeit stellt sich ein.

Zeit.	Fortlfd. Nr.	Calcül.	Reactionszeit ohne Correctur.	Anmerkungen.
		V. Reihe.		Zimmertemperatur 20.6° C. Während dieser Gruppe wird nach subject. Ermessen spät reagirt.
6.37	1	zu spät	0,1510	
	2	„	0,1551	
	3	gut?	0,1362	
	4	gut	0,1441	
*	5	zu spät	0,1706	
	6	gut	0,1312	
	7	„	0,1517	
	8	„	0,1672	
*	9	zu spät	0,1765	
6.40				
	10	gut	0,1405	
	11	„	0,1516	
	12	„	0,1366	
	13	„	0,1247	
	14	„	0,1332	
	15	„	0,1386	
	16	„	0,1254	
6.44				
	17	zu spät	0,1343	
	18	gut	0,1340	
	19	„	0,1385	
	20	„	0,1392	
6.48*	21	zu spät	0,1500	
		VI. Reihe.		Temperatur 21.0° C. Gefühl von Müdigkeit. Langsam berührt.
6.50	1	gut	0,1414	
	2	„	0,1296	
	3	„	0,1330	
	4	„	0,1610	
	5	„	0,1551	
	6	„	0,1446	
	7	„	0,1360	
6.55				
	8	„	0,1548	
	9	„	0,1479	
*	10	zu spät	0,1643	
	11	„	0,1519	
	12	gut	0,1538	
	13	„	0,1370	
	14	„	0,1477	
6.58				
	15	„	0,1482	Schlecht berührt. Während dieser Gruppe wird nach subject. Ermessen spät reagirt.
	16	„	0,1479	
	17	„	0,1390	
	18	„	0,1509	
	19	„	0,1371	
7.00	20	„	0,1570	

Digitized by Google

Zur Kenntniss von der Regeneration in der Netzhaut.

Von

Prof. Sigm. Exner,

Assistenten am physiologischen Institute in Wien.

Sucht man sich bei dem heutigen Stand unserer Kenntnisse eine Vorstellung zu bilden über die Vorgänge, welche sich während der Reizung und in den Reizpausen in der Netzhaut abspielen, so stösst man auf zwei Thatsachen, deren Vereinigung Schwierigkeiten bereitet.

Erstens nämlich ist es durch die Forschungen von Boll, Kühne und Ewald, trotz dem Resultate, dass das Sehroth nicht ohne weiteres als Sehstoff betrachtet werden darf [1]), in hohem Grade wahrscheinlich geworden, dass wir es in der Netzhaut mit einer photochemischen Wirkung zu thun haben, da man es doch nicht als Spiel des Zufalles betrachten kann, dass mehrere so exquisit lichtempfindliche Stoffe gerade in der Netzhaut vorkommen. Auch haben uns jene Arbeiten gezeigt, dass die lichtempfindlichen Stoffe und diejenigen, aus welchen sie entstehen, in der Netzhaut und ihrem Epithel als Vorrath angehäuft wird, und dadurch den Gedanken nahe gelegt, dass auch jene Stoffe, welche beim Sehen in unmittelbare Action treten, ebenso in der Netzhaut einen Vorrath bilden.

Zweitens hat Donders [2]) schon vor vielen Jahren die Beobachtung gemacht, dass wenn man auf das Auge eines Individuums einen sich allmählig steigernden Druck ausübt, ein Moment kommt, in welchem dasselbe sagt es sehe nichts mehr, und dass dieser

1) In Bezug auf den Umstand, dass in der macula lutea kein Sehroth vorkommt, wundert es mich, in der Sehrothlitteratur den von Schmidt (Centralblatt f. d. med. W. 1874, p. 900) entdeckten braunen Farbstoff der macula lutea nicht erwähnt zu finden, welcher, bei dem jetzigen Stand unserer Kenntnisse, wegen seines raschen Entschwindens auch im Verdacht der Lichtempfindlichkeit stehen muss.

2) Gräfes Archiv I. 2. pag. 75.

Digitized by Google

Moment zusammenfällt oder um weniges vorausgeht (es ist dies aus dem Text nicht mit voller Sicherheit zu ersehen) jenem Momente, in welchem die opthalmoskopische Untersuchung das Leerwerden der Netzhautgefässe erkennen lässt. Dieser Versuch deutet darauf hin, dass — eine photochemische Wirkung in der Netzhaut vorausgesetzt — die Sehstoffe direct aus dem Blutstrom in die Netzhaut treten, und dass mit dem Aufhören derselben auch die Quelle der Sehstoffe versiegt ist, denn dass nicht etwa die Nervenelemente durch den Druck functionsunfähig geworden sind, geht aus einem unten anzuführenden Versuche hervor.

Und wenn, wie nicht anders zu denken, auch nach der ersten Anschauung die Sehstoffe in letzter Instanz aus dem Blutstrom stammen, so war es doch wünschenswerth, einen Maasstab für die Abhängigkeit jenes Netzhautvorrathes von der Anwesenheit oder Abwesenheit der Circulation zu bekommen.

Die nachstehenden Versuche haben ergeben, dass beide Anschauungen richtig sind, dass also jener Netzhautvorrath wirklich existirt, dass es aber durch die Circulation sehr rasch und fortwährend erneuert werden muss, soll das Sehvermögen nicht leiden.

I. Eine in weisse und schwarze Sectoren getheilte Scheibe, die mit einer solchen Geschwindigkeit rotirt, dass sie flimmernd erscheint, sieht ein Auge, welches mässig stark gedrückt wird, gleichmässig grau.

Da jede Erhöhung des intraoculären Druckes eine Verlangsamung des Kreislaufes im Auge hervorrufen muss, so haben wir es hier mit der Wirkung einer solchen zu thun, und ersehen, dass eine Netzhautstelle, welche ohne Druck während das Bild des schwarzen Sectors auf ihr lag so weit regenerirt wurde, dass eine merkliche Empfindung des Dunklen im Gegensatz zu dem Hellen des nächsten Momentes zu Stande kam, jetzt, während die Circulation verlangsamt ist, nicht mehr so weit regenerirt wird.

Fixirt man, während der Druck auf den Bulbus in gleicher Stärke andauert, jene Scheibe, so bemerkt man, dass sie sehr schnell dunkler wird, bis sie nach Ablauf von einigen Secunden kaum mehr gesehen wird. Es geht also jene rhytmische Erregung durch die Sectoren der Scheibe allmählig abwärts.

Natürlich kann man auch an irgendwelchen anderen Objecten das allmählige Dunklerwerden sehen[1]), kann beobachten, dass die

1) Donders l. c.

Digitized by Google

Gegenstände theils ganz entschwinden, theils und zwar die helleren eben noch sichtbar bleiben. Insbesondere gilt das von den Grenzen zwischen hellen und dunklen Feldern.

Die Deutung dieses Versuches ist fast selbstverständlich. So lange von der Zeit der vollen Circulation noch Sehstoff vorräthig ist, sehen wir die Objecte durch diesen verhältnissmässig hell. Derselbe wird allmählig verzehrt, und der Sehstoff, welcher durch die spärliche Circulation geliefert wird, reicht noch aus, jenes Erkennen der helleren Gegenstände zu vermitteln.

II. Ich theile mein Sehfeld in eine schwarze und eine weisse Hälfte, bringe in die schwarze Hälfte einen weissen Kreis, den ich vorläufig mit einem Streifen schwarzen Papiers bedecke. Dann fixire ich mit einem Auge einen Punkt der Grenzlinie zwischen beiden Hälften des Gesichtsfeldes und drücke den Bulbus. Wenn die weisse Gesichtshälfte nahezu schwarz erscheint, ziehe ich jenen Papierstreifen fort. Es erscheint mir nun der weisse Kreis deutlich weiss, von normaler Intensität, und erblasst nun erst allmählig.

Soweit ich sehe, lässt sich dieser Versuch ungezwungen nur im obigen Sinne deuten. Es war ein Vorrath in der Netzhaut, der während der mangelhaften Zufuhr in der einen Hälfte derselben verzehrt worden ist, in der anderen konnte er später noch zu der Empfindung von Weiss führen.

Es ist überflüssig, mehrere Variationen dieses Versuches anzuführen. Er zeigt auch, dass die Wirkung des Druckes nicht durch Beeinträchtigung der Nervenleitung zu Stande kommt.

Diese Mittheilung trägt den Charakter des Unfertigen. Bei dem Ruf der grossen Gefährlichkeit, in dem die Versuche über künstliche Steigerung des intraoculären Druckes stehen, musste ich mich auf eine geringe Menge beschränken, musste auch darauf verzichten, die Wirkung von totaler Compression der Retinagefässe, ebenso plötzlicher Drucksteigerung und Herabsetzung zu studiren. Um ein Maass des Druckes zu geben, den ich anwendete, führe ich an, dass sich bei der ophthalmoskopischen Untersuchung herausstellte, dass ca. fünf Secunden nach Beginn des Druckes die Arterie und Vene der Netzhaut pulsirten, und die kleineren Gefässe unsichtbar waren. Das Sehvermögen hatte so weit abgenommen, dass ich das Bild der Beleuchtungsflamme im Augenspiegel eben noch erkannte.

Digitized by Google

(Aus dem physiologischen Laboratorium in Zürich.)

Ueber den Actionsstrom der Muskeln im lebenden Menschen.

Von

L. Hermann.

In einer vor Kurzem erschienenen Arbeit (dies Archiv XVI. p. 191) habe ich nachgewiesen, dass die Actionsströme beim indirecten Tetanisiren ausgeschnittener Muskeln decrementieller Natur, d. h. durch die Abnahme der Erregungswelle während ihres Ablaufs bedingt sind. Die Frage ob eine solche Abnahme auch im ganz normalen, blutdurchströmten, mässig erregten Muskel stattfindet, musste ich damals offen lassen, da für diesen Fall überhaupt noch kein Actionsstrom mit genügender Sicherheit festgestellt war (vgl. a. a. O. p. 203 und 256 ff.).

Ich bin jetzt im Stande diese Lücke in unsern Kenntnissen auszufüllen. Indem ich nämlich überlegte, dass der Nachweis einer constanten Ablenkung während des Tetanus durch ebenfalls dauernde Nebenwirkungen mehr gestört werden muss, als eine etwaige streng gesetzmässig nach Zeiten wechselnde Wirkung, da den Nebenwirkungen auf keinen Fall das gleiche zeitliche Gesetz zukommen wird, wurde ich darauf geführt, am lebenden Menschen den phasischen Actionsstrom zu untersuchen. Jene Ueberlegung hat mich nicht getäuscht, vielmehr wurde ich auf einen der sichersten Versuche in der Electrophysiologie geführt, in welchem ausnahmsweise einmal der Mensch schönere und weitergehende Resultate giebt als der Frosch.

Man erinnert sich aus meiner vorigen Arbeit, dass bei indirecter Reizung und rheotomischer Ableitung zwischen je zwei Puncten des unversehrten Muskels jedesmal ein doppelsinniger Actionsstrom auftritt; die erste Phase ist abnerval, die zweite adnerval gerichtet. Liegt die eine Ableitung am Aequator, die andere am Muskelende, so ist die erste Phase ein atterminaler, die zweite ein abterminaler Strom. Wir sahen, dass die zweite Phase stets schwächer ist als die erste und bald ganz verschwindet, beides

Digitized by Google

Folgen des Decrements, und dass beide Phasen sich zusehends zeitlich hinausschieben, Folge der Ermüdung.

Diesen Versuch habe ich nun auch am Menschen angestellt, und zwar an der unteren Hälfte der Vorderarmmusculatur. Die Ableitung geschah durch die a. a. O. p. 258 kurz erwähnten Seil-Electroden, welche etwas über dem Handgelenk und etwas über der Mitte des Vorderarmes diesen umschlangen; der Abstand beider Ableitungsringe betrug meist 15 — 17 cm. Es ist gut mit dem Versuch erst einige Zeit nach Anlegung der Seile zu warten, bis die Haut genügend durchfeuchtet ist, und auch im Laufe des Versuchs die Seile öfters mit einem in Zinklösung getauchten Schwämmchen anzufeuchten. Dünnhäutige Personen geben zwar etwas grössere Ablenkungen als dickhäutige, aber die Resultate sind bei allen Personen die gleichen, und alle Gesunden, denen die Zuckungen nicht zu unangenehm sind, sind zu dem Versuche gleich gut geeignet (meine Versuche sind sämmtlich an erwachsenen Männern angestellt).

Die Reizelectroden waren zwei mit Schwamm und Leinwand überbundene, in Kochsalzlösung getauchte käufliche Ballenträger, wie sie zu electrotherapeutischen Zwecken angefertigt werden. Dieselben werden dicht unterhalb der Achselhöhle an die Innenseite des Arms in der Längsrichtung, dem Plexus brachialis entsprechend, aufgesetzt und fest angedrückt; die Versuchsperson macht dies selbst mit ihrem freien Arm.

Das Differentialrheotom wird in gewöhnlicher Weise in den primären Reizkreis und den Boussolkreis eingeschaltet. Nachdem ich die wesentlichen Resultate des Versuches mit der gewöhnlichen Anwendung des Apparates gewonnen hatte, kam ich auf eine kleine Abänderung, deren Einführung Allen, welche in Zukunft mit dem sinnreichen nnd nützlichen Bernstein'schen Instrumente arbeiten, meiner Ueberzeugung nach einen wesentlichen Dienst leisten wird. Die nicht selten eintretenden höchst quälenden Unregelmässigkeiten im Schluss des Boussolkreises nämlich rühren, wovon ich mich auf das Bestimmteste überzeugt habe, hauptsächlich von den leichten Erschütterungen her, welche der Apparat, und somit die beiden Quecksilberoberflächen, durch die Anstösse zwischen Spitze und Draht des Reizkreises erhalten. Ich habe deshalb den Draht durch eine ganz kleine Quecksilberkuppe ersetzt; die dazu nöthige kleine Vorrichtung besass ich zufällig bereits, da ich vor

Digitized by Google

6 Jahren, gelegentlich gewisser noch nicht veröffentlichter Versuche mit dem Rheotom, ein an Stelle des Drahtträgers anschraubbares stählernes Quecksilbergefäss von variabler Bogenlänge hatte anfertigen lassen. Dies Gefäss wurde jetzt angebracht und die kleinen stählernen Scheidewände einander auf etwa $2^1/_2$ mm genähert. Die Quecksilberkuppe hat jetzt die Gestalt eines Tropfens, den die amalgamirte Spitze ohne jedes Abschleudern, natürlich mit starkem Oeffnungsfunken, durchzieht. Der Contact an den beiden Boussolnäpfen hat jetzt, durch den Wegfall der Anstösse, eine wahrhaft erquickende Sicherheit erlangt, die derjenige, welcher viel mit dem Apparat gearbeitet hat, zu würdigen weiss. Die Versuche nach Einführung dieser Aenderung bestätigten nicht allein die vorher gewonnenen Resultate, sondern erlaubten die Lage der Curvenmaxima viel exacter festzustellen als vorher.

Der Reiz muss so stark sein, dass kräftige Zuckungen der Vorderarmmuskeln eintreten. Hierzu genügten bei aufgeschobener Spirale 9 kleine Grennets bei Drahtschluss, und 3 solche nach Einführung des Quecksilberschlusses. Die Hand ist während des Rheotomgangs, sobald die Nebenschliessung geöffnet ist, in raschen Zuckungen begriffen. Fast regelmässig bricht dabei (und noch mehr beim Tetanisiren, s. unten) Schweiss in der Hohlhand aus[1]).

Ich erwähne noch, dass bei der Intensität der angewandten Ströme sorgfältige Azimuthirung des Magnetelectromotors dringend geboten ist, um Fernewirkung auf die Boussole zu vermeiden. Ich brachte übrigens den Apparat in möglichst grosse Entfernung.

Da in den Versuchen am lebenden Menschen nicht wie beim Froschpräparat wegen des Absterbens Gefahr im Verzuge ist, so empfiehlt es sich, um den etwaigen Einfluss der Ermüdung ganz auszuschliessen, zwischen je zwei Schieberstellungen eine gehörige Pause einzuschalten. Später unterliess ich dies, weil überhaupt bei dieser Reizweise kein Ermüdungseinfluss merklich war. Dass man Zeit genug sich nimmt, die Contacte jedesmal (durch Zulassung von Compensatorzweigen, vgl. a. a. O. p. 239, Anm. 1) zu revidiren, ist selbstverständlich, auch liess ich bei jeder Schieberstellung

---

1) Das Schwitzen auf Nervenreizung beim Menschen ist anscheinend zuerst unter Gerhardt's Leitung von Nitzelnadel beobachtet (Ueber nervöse Hyperidrosis und Anidrosis. Dissert. Jena 1867, p. 54), der den N. ulnaris gereizt hat.

Digitized by Google

die Reizung mehrere Male sich wiederholen. Beim Froschpräparat hat man in all diesen Dingen mit der Zeit mehr zu geizen.

Die Umdrehungszeit des Rheotoms betrug etwa $^1/_6$ Sec., der Boussolschluss begann bei Stellung 0 meist fast genau im Reizmoment, und nahm etwa 2,8 Theilstriche in Anspruch.

Ruheströme pflegen bei der angeführten Ableitung nur in unmerklichem Grade vorhanden zu sein; die Ruheablenkung betrug bei rotirendem Rheotom nur einige Scalentheile, und wurde nicht compensirt. Ein Compensatorzweig von W 20, c 500 (= 0,0388 Dan.) lenkte bei rotirendem Rheotom je nach der Hautbeschaffenheit um 15 — 25 sc. ab.

Das Resultat der Reizversuche ist nun von ausnahmsloser Regelmässigkeit. Der phasische Actionsstrom der unteren Vorderarmhälfte ist doppelsinnig, zuerst absteigend, dann aufsteigend, d. h. zuerst atterminal, dann abterminal. Das Verhalten ist also genau wie beim Froschmuskel. Ich führe zunächst ein Beispiel an.

43jähriger, mässig kräftiger Mann. Abstand der Ableitungsringe 17 cm. Hg-Schluss; primäre Kette 3 Grenn. Ablenkung durch W 20, c 500 bei der Rotation 21 sc. Werth eines Theilstrichs 0,001614 Sec. Reizmoment bei Stellung 0 etwa $1^1/_2$ Theilstriche nach Boussolschluss.

Theilstriche	Ablenkung	Theilstriche	Ablenkung	Theilstriche	Ablenkung
0	0, 0	13	$2^1/_4$	29	Spur
2	1, 1, 1	11	3, 3	31	„
4	4, $4^1/_4$, 4	9	1	35	„
6	4, 4	7	$1^1/_4$	40	„
8	$^1/_2$, $^1/_2$	5	$4^1/_2$, $4^3/_4$	11	3, 3
10	$1^1/_2$	3	$1^3/_4$	$11^1/_2$	$3^1/_4$, $3^1/_2$
12	$2^1/_4$, $2^1/_2$	1	0, 0	$10^1/_2$	2, 2
14	$1^1/_2$	19	1	5	$5^3/_4$, $5^3/_4$
16	$1^1/_2$	21	$^1/_2$	$5^1/_2$	5, 5
18	$^3/_4$, $^1/_2$, 1	23	$^1/_2$	$4^1/_2$	$5^3/_4$, $5^1/_2$
17	$1^1/_4$	25	$^1/_2$		
15	$1^1/_4$	27	$^1/_4$		

Atterminale Phase von $1^1/_2$ bis $8^1/_2$, abterminale von $8^1/_2$ bis über 40. Maximum der atterminalen Phase (= $5^3/_4$ sc.) bei $4^3/_4$, Maximum der abterminalen Phase (= $3^1/_4$ sc.) bei $11^1/_2$.

Es gelingt auch leicht den gleichen Versuch mit dem oberen Theil der Vorderarmmuskeln anzustellen. Hierzu wird der eine Seilring um den Ellbogen, der andere etwa um ein Drittel des Vorderarms tiefer angelegt. Der Actionsstrom ist auch hier doppelsinnig, und zwar die erste Phase aufsteigend, die zweite absteigend, also wieder zuerst attérminal; dann abterminal. Nur sind die Ablenkungen aus sogleich anzugebendem Grunde etwas schwächer als unten. Der entscheidende Versuch über die

Digitized by Google

wellenförmige Fortpflanzung bei indirecter Reizung, über den Sitz der Stromkraft und über die Deutung der doppelsinnigen Schwankungen ist also genau so wie am Adductor magnus und andern Muskeln des Frosches (vgl. a. a. O. p. 239 ff.), nunmehr auch an menschlichen Muskeln ausgeführt.

Als ich die letztgenannte Anordnung zum ersten Male probirte, war ich überrascht, überhaupt keinen deutlichen Actionsstrom zu finden; doch trat derselbe sogleich gesetzmässig ein, als ich die untere Ableitung etwas hinaufschob. Offenbar waren die Ableitungen vorher zufällig in ziemlich gleichem Abstande von dem „nervösen Aequator" gewesen, d. h. letzterer liegt am menschlichen Vorderarm ziemlich nahe dem oberen Ende. „Nervösen Aequator" nenne ich der Kürze halber denjenigen Muskelquerschnitt, in den der gemeinsame Schwerpunct aller Nerveneintrittsstellen fallen würde, wenn letztere ein gewisses überall gleiches Gewicht hätten, also denjenigen Querschnitt, den wir am Adductor magnus des Frosches etwas unterhalb des Nervenhilus gefunden hatten (vgl. die vorige Arbeit p. 234). Es ist klar, dass zwischen zwei Ableitungsringen, die beiderseits vom nervösen Aequator gleichweit abstehen, keine phasischen Actionsströme auftreten können, dass ferner die günstigste Ableitung für unsern Versuch diejenige ist, bei welcher eine Schlinge am nervösen Aequator, die andere an einem Muskelende liegt, was auch die Erfahrung bestätigt, dass endlich für das obere Vorderarmende wegen der hohen Lage des Aequators die Phasen weniger auseinanderfallen, sich also gegenseitig mehr beeinträchtigen als am unteren. Alles ist also sehr klar übersehbar.

Die Bedeutung des mitgetheilten Versuchs liegt aber nicht sowohl darin, dass ein für den Froschmuskel festgestelltes Gesetz auch am menschlichen Muskel constatirt ist, — dies wäre von ziemlich untergeordnetem Interesse, — als im Gegentheil in den gleich zu besprechenden Unterschieden, aus welchen sich neue Thatsachen ergeben. Vor Allem freilich haben wir hier die erste ganz zweifellose und gesetzmässig orientirte galvanische Wirkung menschlicher Muskeln. Ein ruhender Muskelstrom ist ja hier bekanntlich nie nachgewiesen worden, und der bei willkürlicher Anstrengung auftretende Arm- oder Beinstrom ist, wenn in der That ein Actionsstrom, als Product zahlreicher Componenten nicht empirisch in gesetzmässige Beziehungen zum Längsschnitt und

Digitized by Google

Querschnitt zu bringen; man kann nicht erkennen, ob er atterminaler oder abterminaler Natur ist.

Wichtiger aber ist es, dass wir hier die erste Beobachtung über den phasischen Actionsstrom zweifellos normaler Muskeln bei mässiger Reizung vor uns haben, und deshalb die Frage des Decrements entscheiden können. Sogleich ergiebt nun ein Blick auf das mitgetheilte Beispiel, dass erstens, abweichend vom Froschmuskel, die Phasen sich weder zeitlich hinausschieben, noch an Intensität abnehmen, was namentlich für die abterminale Phase bemerkenswerth ist, die am Froschmuskel sehr bald verschwand. Die Maxima beider Phasen haben eine so feste Lage, dass man, wie in den Versuchen geschehen, sie nach langer Zeit wieder aufsuchen und ihre Lage durch Abtasten möglichst genau bestimmen kann. Was nun die Hauptsache, nämlich das Grössenverhältniss beider Maxima betrifft, so ist freilich ganz regelmässig das abterminale etwas kleiner als das atternimale, aber der Unterschied ist unvergleichlich geringer, als beim Frosch selbst im Beginn des Versuchs (vgl. a. a. O.). Man hat ferner zu bedenken, dass die abterminale Phase den unteren Faserenden angehört, welche wegen der sehr verschiedenen Fleischlänge der einzelnen Muskeln in durchaus verschiedenen Niveau's liegen, dass also die abterminalen Phasen der einzelnen Fasern nie so einheitlich zusammenwirken können wie die atterminalen, dass sie sich, wie ich mich kürzlich in einem analogen Fall ausdrückte (a. a. O. p. 249), ziemlich verzetteln. Endlich ist sehr bemerkenswerth, dass die Negativität, wie das Beispiel für die abterminale Phase zeigt, ziemlich langsam schwindet, so dass zur Zeit des Maximums der abterminalen Phase noch ein beträchtlicher Erregungsrest an der oberen Ableitungsstelle vorhanden ist, also sich ein Rest von atterminalem Strom von dem abterminalen Maximum subtrahirt. Aus all diesen Erwägungen geht mit Bestimmtheit hervor, dass beide Phasen von Natur gleiche Intensität haben, d. h. dass ein Decrement der Erregungswelle am ganz normalen, blutdurchströmten Muskel nicht existirt. Die Erscheinung also, welche am ausgeschnittenen Froschmuskel durch Ermüdung und Decrement wesentlich getrübt war, erscheint am Menschen in ganz ungestörter Entwicklung.

So ist denn also der Vorbehalt, welchen wir in der letzten Arbeit bezüglich des ganz normalen Muskels gemacht haben, sehr

Digitized by Google

begründet gewesen, und die Unzweckmässigkeit, welche du Bois-Reymond als unwahrscheinlich angesehen hatte, ist wirklich nicht vorhanden, das Decrement ist in der That, worauf schon der Anhang meiner letzten Arbeit hindeutete, eine Erscheinung des Absterbens, und, wie unten wahrscheinlich wird, der Ermüdung. Nur war du Bois-Reymond, wie ich in der vorigen Arbeit gezeigt habe, insofern in wesentlichem Irrthum, als er glaubte auch ausgeschnittene Muskeln besässen anfangs das Decrement nicht, und doch einen tetanischen Actionsstrom. Es ist wohl jetzt jeder Zweifel darüber beseitigt, dass die tetanischen Actionsströme ausgeschnittener (unversehrter) Muskeln sämmtlich decrementieller Natur sind. Ich mache also ausdrücklich darauf aufmerksam, dass die neue Thatsache jene du Bois'sche Angabe, welche meiner Theorie widersprechen sollte, nicht im mindesten bekräftigt, sondern es in dieser Hinsicht vollkommen beim Alten bleibt. Was sich bewahrheitet hat, ist eine Vermuthung du Bois-Reymond's, deren Verdienst ich schon in meiner vorigen Arbeit (p. 203) hervorgehoben habe.

Jetzt wird auf einmal klar, weshalb es so schwer, oder gar nicht gelingt beim Tetanus menschlicher Muskeln im unversehrten Körper Actionsströme zu erhalten. Da kein Decrement vorhanden ist, ist zu deren Auftreten nicht der mindeste Grund. Es liegt aber nahe jetzt nachzusehen, ob nicht durch heftige, ermüdende Reizung doch Decrement und Actionsstrom eintreten. Bei der angegebenen Ableitung vom unteren Vorderarm wurde also jetzt der Plexus brachialis tetanisirt, d. h. derjenige Versuch wiederholt, den ich früher (a. a. O. p. 257) mit willkürlichem Tetanus vergebens angestellt hatte. Mässige Reizung hatte auch jetzt durchaus keinen regelmässigen Erfolg. Wenn aber die Reizstärke so weit getrieben wurde, dass die Hand gewaltsam flectirt wird (sie wird hierbei in Schweiss fast gebadet, sensible Wirkungen sind auffallend wenig merklich), — wozu bei 1 Dan. im primären Kreis die secundäre Spirale noch nicht einmal zur Hälfte aufgeschoben zu werden braucht, — kam es häufig vor, dass die, anfangs meist aufsteigende, Ablenkung allmählich in eine absteigende überging, welche langsam zunahm, gerade als ob ein decrementieller absteigender Actionsstrom schliesslich trotz aller Störungen zum Durchbruch käme. Allein dieser Erfolg ist nicht regelmässig vorhanden, so dass ich es nicht wage, es als sicher zu bezeichnen, dass Ermüdung in den Muskeln des lebenden Menschen ein Decrement

Digitized by Google

hervorbringt. Für wahrscheinlich halte ich es aber nach zahlreichen Beobachtungen. Gegenüber der unübertrefflichen Sicherheit der phasischen Versuche sind eben tetanische durch Nebenwirkungen zu sehr zerstört (vgl. oben p. 410).

Secundären Tetanus habe ich zwar bei heftigem Tetanisiren des Armes ebenfalls häufig erhalten; man muss nur sein Auge, ausser auf die Zehen, besonders auf die Tibialmusculatur richten, welche wegen des Ritter-Rollett'schen Phänomens das empfindlichste Reagens abgiebt. Allein es ist zu bedenken, dass bei starken Strömen die Gefahr von Stromschleifen und unipolaren Wirkungen nicht genügend ausgeschlossen werden kann. Uebrigens sollte man meinen, dass secundärer Tetanus ohne Decrement ziemlich ebensogut auftreten müsste als mit demselben.

Somit ist zwar wahrscheinlich, dass nicht allein Absterben, sondern auch Ermüdung ein Decrement der Muskelwelle mit sich bringt. Erstaunlich aber ist dann die Resistenz- und Erholungsfähigkeit des menschlichen Muskels gegenüber dem, sonst ganz unversehrten, mit Kreislauf begabten unenthäuteten Frosch. Ich habe bei diesem eine ganz analoge Beobachtung nicht selten gemacht (vgl. a. a. O. p. 262), aber wenn auch anfangs der decrementielle Strom fehlte, trat er doch schon während eines kurzen Tetanus auf, und erreichte schnell Kraftwerthe, die beim Menschen anscheinend nicht vorkommen.

Zugleich ist es jetzt wohl ganz klar, dass der bei willkürlicher Anstrengung auftretende Arm- und Beinstrom keine Actionsströme sein können. Wie sollten solche durch so mässige Anstrengung erfolgen, da doch kaum die heftigste künstliche Tetanisirung sie hervorruft. Ich habe schon in meiner vorigen Arbeit (im Anhang) auf die sehr auffallende Nachwirkung dieses Stromes, ferner auf sein Unvermögen secundären Tetanus zu machen hingewiesen, ganz zu geschweigen von dem Umstande, dass er bei anscheinend günstigster Ableitung durchaus nicht auftreten wollte. Jedoch sind diese Ströme eine regelmässige und als Anhalt für eine künftige Entdeckung werthvolle Thatsache. Die nächstliegende Vermuthung scheint mir, dass sie auf einer Art Drüsenstrom beruhen und mit der Schweissbildung im angestrengten Glied, resp. im abgeleiteten Theile (Finger, Fusssohle) zusammenhängen [1]).

1) Diese Vermuthung, zuerst von Becquerel sen. ausgesprochen, wird

Digitized by Google

Die Lehre von den Actionsströmen des Muskels ist durch die vorliegende Ergänzung meiner vorigen Arbeit zu einem vorläufigen Abschluss gebracht, und ich stelle deshalb die gewonnenen Sätze noch einmal übersichtlich zusammen.

1. Alle Actionsströme beruhen auf der Negativität erregten Faserinhalts gegen ruhenden.

2. Es giebt drei Arten von Actionsströmen:

a. ausgleichende; sie treten auf wenn verletzte und dadurch mit Ruhestrom (Demarcationsstrom) behaftete Muskelfasern erregt werden, und bestehen in negativer Schwankung des Ruhestroms.

b. phasische; sie treten auf wenn Erregungswellen die Faser durchlaufen, stets verhält sich der augenblickliche Ort der Welle negativ gegen den Rest der Faser. Der phasische Actionsstrom ist daher zwischen zwei unversehrten Stellen stets doppelsinnig [1]), bei indirecter Reizung zuerst abnerval, dann adnerval; die zweite Phase ist in absterbenden oder ermüdeten Muskeln wegen des Decrements schwächer als die erste. Liegt eine Ableitung im Bereich künstlichen Querschnitts, so fällt die ihr entsprechende Phase weg.

c. decrementielle; sie beruhen auf Intensitätsverschiedenheit der Welle an beiden Ableitungspuncten, und sind beim Tetanus unversehrter Muskeln die einzige Quelle eines Actionsstroms. Die Welle behält im ganz normalen, nicht excidirten Muskel während des Ablaufs ihre Grösse bei; derselbe hat daher nur phasische Actionsströme. Durch Absterben (Circulationsunterbrechung etc.), anscheinend auch Ermüdung, ist die Fortleitung mit Abnahme verbunden, und im Tetanus tritt daher decrementieller Actionsstrom auf.

3. Wo Ruhestrom sowohl als Welle ausgeschlossen ist, d. h. bei totaler directer Reizung unversehrter Muskeln, tritt kein Actionsstrom auf.

---

zwar von du Bois-Reymond in seinen Untersuchungen zurückgewiesen (Bd. II. 2, p. 356 ff.); allein der vermeintlich sie abweisende Versuch, dass beim Eintauchen einer vorher mit Schweiss versehenen und einer trocknen Hand erstere einen absteigenden Strom zeigt, ist nicht entscheidend, da der Strom sehr möglicher Weise nicht von vorräthigem Schweiss, sondern von der durch die Nerven bedingten Erregung der Schweissdrüsen herrührt; einen völlig entscheidenden Versuch wüsste ich aber nicht anzugeben. Die oben (p. 416, 417) erwähnten Schwankungen bei unserm tetanischen Armversuch haben vielleicht ähnlichen Ursprung.

1) Ausser in dem Falle, wo beide Ableitungsstellen gleich weit von dem Ausgangspunct des Reizes entfernt sind.

Digitized by Google

Schliesslich bleibt noch übrig, die mitgetheilten Versuche zu benutzen, um die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung im normalen menschlichen Muskel zu ermitteln.

Nehmen wir das oben mitgetheilte Versuchsbeispiel, so würde sich, wenn der Abstand beider Ableitungsringe (17 cm.) gleich der von der Erregung durchlaufenen Muskelfaserlänge wäre, aus dem Zeitabstande des atterminalen und abterminalen Maximums ($6^3/_4$ Theilstriche zu 0,001614 Sec.), eine Fortpflanzungsgeschwindigkeit von 15,6 Metern ergeben. Aber dieser Werth ist ohne Zweifel etwas zu gross, wie überhaupt alle in der angegebenen Weise erhaltenen Werthe, die sich in meinen Versuchen sämmtlich zwischen 14 und 16 Metern bewegen. Offenbar ist, da die untere Ableitung bei vielen Vorderarmmuskeln in den Bereich der unteren Sehne fällt, die durchlaufene mittlere Fleischfaserlänge beträchtlich kleiner als der Abstand der beiden Ableitungsringe. Fiele ferner der nervöse Aequator noch innerhalb der abgeleiteten Strecke, so müsste noch, wie man leicht einsieht, der doppelte Betrag seines Abstandes vom oberen Ableitungsringe für die Berechnung der Geschwindigkeit in Abzug gebracht werden; jedoch liegt für die hier in Rede stehenden Versuche, wie schon bemerkt, der Aequator etwas oberhalb oder an der oberen Grenze der abgeleiteten Strecke.

Will man den wahren Werth der Fortpflanzungsgeschwindigkeit ermitteln, — was bei meinen Versuchen nur nebenbei beabsichtigt wurde, — so muss die untere Ableitung so weit hinaufgerückt werden, dass sie ganz in Längsschnittsbereich fällt. Ich habe einige Versuche dieser Art angestellt, von denen ich einen als Beispiel anführen will.

Die gleiche Person wie im vorigen Beispiel; obere Ableitung 8 cm. unterhalb des Ellbogengelenks, untere 9 cm. tiefer. Reizmoment bei Stellung 0 mit Boussolschluss zusammenfallend. Sonst Alles wie im vorigen Beispiel. Ablenkung durch 0,0388 Dan. bei der Rotation 17 sc.

Theilstriche	Ablenkung	Theilstriche	Ablenkung	Theilstriche	Ablenkung
0	↓ 3/4, 3/4	7	↑ 1, 1	8	↑ 3/4
2	↓ $1^3/_4$, $1^3/_4$	5	↓ $1^1/_2$, $1^1/_2$	$8^1/_2$	↑ 1
4	↑ $1^3/_4$	3	↓ $1^1/_2$, $1^3/_4$	9	↑ 3/4
6	↑ 3/4, 3/4	1	↓ 1, 1	$9^1/_2$	↑ 3/4
8	↑ 3/4	2	↓ $1^1/_2$	10	↑ $1^1/_2$
10	↑ 3/4, 1	3	↓ $1^1/_2$, $1^1/_2$, $1^1/_2$	7	↑ $1^1/_2$
12	↑ $1^1/_2$	4	↓ 2, 2	$8^1/_2$	↑ $1^1/_4$
14	↑ $1^1/_2$	$3^1/_2$	↓ $1^1/_2$, $1^1/_2$	8	↑ $1^1/_2$
13	↑ $1^1/_2$	4	↓ $1^1/_2$, 1, $1^1/_2$	9	↑ 1
11	↑ 1	$3^1/_2$	↓ $1^1/_2$, $1^1/_2$	8	↑ $1^1/_2$
9	↑ 1, 1	3	↓ $1^1/_4$, $1^1/_4$	$8^1/_2$	↑ $1^3/_4$

Digitized by Google

Der Versuch zeigt, wie alle andern, die beiden Phasen in tadelloser Entwicklung, auch zeigt er völlig zweifellos, dass beide gleiche Intensität haben, was früher (oben p. 415) nur indirect geschlossen wurde. Jedoch zeigen sich, wie auch in den übrigen Längsschnittsversuchen, beide Phasen ziemlich plattgedrückt, wahrscheinlich durch das stärkere Ineinandergreifen wegen der Kürze der abgeleiteten Strecke, so dass die genaue Lage der Maxima trotz vielen Tastens weniger sicher festzustellen ist. Am wahrscheinlichsten liegen sie bei $3^3/_4$ und $8^1/_4$, woraus sich eine Fortpflanzungsgeschwindigkeit von 12,4 Metern ergiebt. In ähnlichen Breiten liegen auch die Resultate der übrigen analogen Versuche. Tetanischer Actionsstrom ist bei dieser Ableitung noch schwieriger und weniger sicher darzustellen als bei Sehnenableitung; der Grund liegt auf der Hand. Immerhin habe ich ihn auch hier bei starker Reizung häufig erhalten.

Es wäre eine nicht undankbare Aufgabe, durch Vervielfältigung von Versuchen dieser Art, durch Aufsuchen vielleicht geeigneterer Localitäten, durch Herbeiziehung von Individuen möglichst verschiedener Grösse, auch von Kindern, den Werth der Fortpflanzungsgeschwindigkeit im menschlichen Muskel noch exacter festzustellen; meine wesentliche Aufgabe war eben eine andere. Soviel aber kann ich auf Grund meiner Versuche behaupten, dass die musculäre Leitungsgeschwindigkeit im menschlichen Vorderarm auf keinen Fall 16 Meter übersteigt, und wahrscheinlich zwischen 10 und 13 Meter liegt.

Zur Feststellung des zeitlichen Verlaufs der Negativität im einzelnen Querschnitt des menschlichen Muskels sind die Versuche nicht sehr geeignet; einmal muss nothwendig die Nebenschliessung der Haut stark verwischend wirken, zweitens ist die Boussolschlussdauer (2,8 . 0,001614 = 0,0045 Sec.) ziemlich beträchtlich. Wegen des Ineinandergreifens beider Phasen ist von der ersten der ansteigende und von der zweiten der absteigende Theil besser erkennbar. Man findet, dass das Ansteigen ähnlich wie beim Froschmuskel viel steiler ist als das Absteigen, und letzteres $^1/_{20}$ Sec. nach dem Maximum noch nicht ganz beendet ist (im obigen Beispiel p. 413 ist bei Theilstr. 40 die Phase noch sichtbar, d. h. 0,046 Sec. nach dem Maximum).

Digitized by Google

(Aus dem physiologischen Institute zu Breslau.)

Einfache Methode, Blutkrystalle zu erzeugen.

Von

Richard Gscheidlen.

Wenn man defibrinirtes Blut in Glaskölbchen, Glasröhren etc. mit wenig Luft einschliesst und dasselbe im Brütofen aufbewahrt, so wird es bekanntlich venös und zeigt vor dem Spektralapparate den Absorptionsstreifen des sauerstofffreien Hämoglobins. Bringt man einen Tropfen solchen Blutes vom Hunde oder Meerschweinchen auf einen Objektträger, lässt ein wenig verdunsten und legt dann ein Deckgläschen darüber, so sieht man bei der Betrachtung durch das Mikroskop gewissermassen unter den Augen die Krystallisation des Tropfens vor sich gehen. Die Krystalle schiessen allenthalben an, nehmen rasch an Grösse, Dicke und Zahl zu, sind durchaus scharfkantig und werden grösser als sonst wohl durch irgend eine bekannte Methode. Beim Hunde beobachteten wir Prismen, welche die Länge von 3 bis 4 mm unter dem Deckgläschen erreichten. Ebenso wie Hunde- und Meerschweinchenblut verhält sich das Blut vom Schafe, dem Rinde, dem Schweine, dem Kaninchen und der Gans. Wir heben dies hervor, weil Krystalle aus dem Blute letzterer Thiere bekanntlich nur schwierig zu gewinnen sind. Betrachtet man die Krystalle spektroskopisch, so sieht man die beiden Streifen des Oxyhämoglobins auf das deutlichste. Zur Bildung der Krystalle ist die Einwirkung atmosphärischer Luft erforderlich; denn concentrirt man das Blut bei Abschluss der Luft, so treten nur wenig Krystalle auf. In Einklang damit steht der Versuch Kühne's[1]), dass sauerstofffreies lackfarbe-

1) Kühne. Das Vorkommen und die Ausscheidung des Hämoglobins aus dem Blute. Virchow's Arch. Bd. 34. S. 432. 1865.

Digitized by Google

nes Blut in einer Gaskammer mit trockenem Wasserstoff concentrirt, nicht krystallisirt, sofort aber zu Krystallen erstarrt, sobald man eine ganz geringe Menge Luft durch die Kammer saugt.

Breitet man eine grössere Menge solchen eingeschlossenen Blutes auf einer Glasplatte aus, so scheiden sich, nachdem geringe Verdunstung stattgefunden, Krystalle von ganz kolossaler Länge aus. Wir erhielten aus Hundeblut, das mehrere Tage im Brütofen geweilt hatte, einmal Prismen, welche bei entsprechender Breite die Länge von 3,5 cm hatten. In der medicinischen Sektion der schlesischen Gesellschaft[1]) vom 3. August v. J. demonstrirten wir Prismen, die aus Hundeblut gewonnen waren und eine Länge von 1,5 cm hatten. Die Prismen waren radiär gestellt. Es ist uns bisher nicht gelungen, diese Krystalle längere Zeit intact zu conserviren. Ihre einstige Grösse lässt sich jedoch darthun, wenn man die Krystalle langsam eintrocknen lässt. Sie bleiben so an dem Glase haften, heben sich reliefartig ab, bekommen aber Sprünge und Risse, die mit blossem Auge zwar nicht wahrgenommen werden, die aber mit der Lupe leicht zu sehen sind. Derartige Krystalle demonstrirten wir auf der Naturforscherversammlung zu München[2]).

Bei der Darstellung makroskopischer Krystalle hat man darauf zu achten, dass sobald dieselben einige Millimeter lang sind, auf die Masse eine grosse Uhrschale gestürzt wird. Die zwischen den Prismen befindliche Flüssigkeit wird dann fast ganz zur Krystallbildung verwandt.

Es galt nun zu untersuchen, woher das enorme Krystallisationsvermögen des auf obige Weise eingeschlossenen Blutes stammt.

Zunächst wird man wohl an die Beobachtung Preyer's[3]) denken, dass Erstickungsblut ungemein rasch krystallisirt und in dem Versuche im Glasrohr eine Nachahmung des Vorgangs sehen, wie solcher im Blute bei der Erstickung stattfindet. Hier wie dort

---

1) 55. Jahresber. der schles. Gesellsch. für vaterl. Cultur. 1878.

2) Amtlicher Bericht der 50. Versamml. deutsch. Naturf. und Aerzte in München. S. 237. 1877.

3) Preyer. Ueber die Bindung und Ausscheidung der Blutkohlensäure bei der Lungen- und Gewebeathmung. Zeitsch. f. ration. Med. III. R. Bd. 21. S. 222. 1864.

Digitized by Google

ist der Zutritt des Sauerstoffs abgeschnitten und das Blut ist gezwungen den in ihm vorhandenen zu inneren Oxydationen zu verwenden. Durch die vollständige Aufzehrung des Sauerstoffs aber zerfällt ein Theil der Blutkörperchen, wie Preyer nachgewiesen, und aus der concentrirten Lösung krystallisirt der Blutfarbstoff aus; andererseits aber wird man daran zu denken haben, dass der Fäulnissprocess und die bei demselben auftretenden Produkte, z. B. das Ammoniak, das sich aus jeglichem Blute nach der Entfernung aus dem Thierkörper reichlich, namentlich bei Brutwärme, entwickelt, zur raschen Krystallbildung beitragen. Eine Stütze findet diese Ansicht in einer Beobachtung Kühne's[1]), dass ammoniakalische Hämoglobinlösungen beim Verdunsten des Ammoniaks an der Luft sehr leicht krystallisiren und gelegentlichen Befunden von Schmidt[2]), Böttcher[3]), Klebs[4]) etc., dass faules Blut leicht krystallisirt.

Zur Entscheidung dieser Frage war es geboten, Blut mit Ausschluss der in der atmosphärischen Luft sowie an den Gläsern haftenden Keime aufzufangen, zu defibriniren und nach dem Verweilen im Brütofen auf sein Krystallisationsvermögen zu untersuchen.

Das Auffangen und Defibriniren des Blutes geschah in starkwandigen Glasröhren, die an einem Ende abgeschmolzen, am anderen aber zur Capillare ausgezogen waren. Vor dem Ausziehen zur Capillare wurden Glasstücke zum Defibriniren des aufzufangenden Blutes eingebracht. Die Glasröhren wurden in Drathschlingen gelegt, durch mehrere Bunsen'sche Brenner während ihrer ganzen Länge zum Glühen erhitzt und während des Glühens zugeschmolzen. Nach dem Erkalten wurde ein Blutgefäss eines Hundes bloss gelegt und in dasselbe nach einem Einschnitte das capillare Ende der geglühten Röhre eingeführt, eingebunden und

1) Kühne. l. c. S. 431.

2) Schmidt. Kleinere physiologisch-chemische Untersuchungen. Virchow's Arch. Bd. 29. S. 18. 1864.

3) Böttcher. Ueber die näheren Bedingungen, welche der Aufhellung und Krystallisation des Blutes beim Frieren zu Grunde liegen. Virchow's Arch. Bd. 32. S. 381. 1865.

4) Klebs. Beiträge zur Kenntniss der Micrococcen. Arch. f. experim. Path. und Pharmac. Bd. I. S. 39. 1873.

Digitized by Google

durch eine seitliche Bewegung abgebrochen oder durch den Druck mittelst einer Pincette zertrümmert. Das Blut strömt dann von selbst in den nur wenig Luft enthaltenden Raum. Floss kein Blut mehr, so wurde das Blutgefäss abgebunden und peripher und central durchschnitten. Die Glasröhre wurde hierauf unterhalb der Einbindungsstelle in das Blutgefäss rasch abgeschmolzen, behufs Defibrinirung geschüttelt und im Brütofen aufbewahrt. Dadurch, dass das Zuschmelzen der Glasröhre geschieht, während ihr oberes Ende noch durch das ausgeschnittene Blutgefäss verschlossen ist, ein Verfahren, das Salomonsen[1]) erdachte, ist der Zutritt atmosphärischer Luft vollständig ausgeschlossen. Derartig aufgefangenes Blut geräth nicht in Fäulniss.

Als dieses Blut nach Tagen, Wochen und Monaten auf sein Krystallisationsvermögen untersucht wurde, zeigten sich unter dem Mikroskope noch viele unaufgelöste Blutkörperchen und dazwischen nur vereinzelt Krystalle. Von einer raschen Krystallisation war nichts zu bemerken. Blutkrystalle von erheblicher Grösse zu gewinnen, gelang uns ohne weiteren Zusatz aus diesem Blute nicht.

Da wir das nämliche Verhalten bei Blut, das von verschiedenen Thieren gewonnen war, constant fanden, so ist kein Zweifel, dass das enorme Krystallisationsvermögen, welches das ohne Vorsichtsmassregeln eingeschlossene Blut zeigt, auf die Fäulniss zurückzuführen ist, welcher dasselbe im Brütofen rasch anheimfällt. Wir denken uns, dass durch die Fäulniss Stoffe zerstört und ausser Wirksamkeit gesetzt werden, welche der Krystallisation des Blutes hinderlich sind, in ähnlicher Weise wie Kochsalz aus einer in Gährung befindlichen kochsalzhaltigen Zuckerlösung beim Verdunsten einzelner Proben um so leichter in Krystallen sich ausscheidet, je mehr der Zucker durch die Gährung zersetzt wird.

Hoppe-Seyler[1]) hat unlängst die Aufmerksamkeit darauf gelenkt, dass Hämoglobinlösungen bei Abschluss der Luft durch die Fäulniss nicht alterirt werden, dass aber dennoch eine Abnahme am Hämoglobingehalt in dergleichen Lösungen zu bemerken ist. In einem Versuch sank der Hämoglobingehalt binnen Jah-

1) Salomonsen. Studier over blodets forraadnelse. S. 140. 1877.

2) Hoppe-Seyler. Weitere Mittheilungen über die Eigenschaften des Blutfarbstoffs. Zeitschr. für physiol. Chem. Bd. I. S. 125. 1877.

Digitized by Google

resfrist von 3,884 g. auf 3,823 g., mithin um 0,061 g. Hoppe-Seyler hält diese Differenz nicht innerhalb der Fehlergrenzen der Bestimmungsmethode liegend, sondern deutet diesen Befund dahin, dass durch die Fäulniss das Hämoglobin von Verunreinigungen befreit wird und daher die Abnahme rührt. Wir haben den nämlichen Gedanken gehegt, indem wir versuchten, Hämoglobin durch Fäulniss von hartnäckig anhaftenden Stoffen zu befreien. Zu dem Ende stellten wir uns Krystalle aus Gänseblut dar, lösten eine bestimmte Menge hiervon nach Umkrystallisirung in Wasser und schlossen die Lösungen mit möglichst wenig Luft in Glasröhren ein. Wir wählten Krystalle aus Gänseblut deswegen, weil es von diesen durch Hoppe-Seyler[1]) bekannt ist, dass dieselben trotz mehrfachen Umkrystallisirens stets phosphorhaltig gefunden werden. Hoppe-Seyler fand in 100 Theilen Hämoglobin 0,70 — 0,86 Phosphorsäure. Dieser Phosphorgehalt wird gewöhnlich z. B. von Preyer[1]), da er dem Hämoglobin, das aus dem Blute anderer Thiere gewonnen wird, fehlt, als Verunreinigung durch einen phosphorhaltigen Bestandtheil des Blutkörperchenstroma gedeutet. Als diese Röhren nach 10 Wochen geöffnet wurden und das Hämoglobin zum Krystallisiren gebracht war und auf seinen Phosphorgehalt untersucht wurde, zeigte sich keine Veränderung. Wir erhielten auf 100 Theile Hämoglobin berechnet 0,74 und 0,80 Phosphorsäure, also Zahlen, die im Mittel dem von Hoppe-Seyler gefundenen Werthe gleichkommen.

Schliesslich gedenken wir noch eines merkwürdigen Befundes. Bei der Beobachtung der Krystallbildung von eingeschlossenem Meerschweinchenblut war es uns aufgefallen, dass zwischen den wohlausgebildeten, sehr grossen Tetraedern sich Krystalle fanden, welche rhombischen Flächen und Prismen glichen. Möglicherweise sind die verschiedenen Krystallformen, welche der Blutfarbstoff der verschiedenen Thiere zeigt und die man als charakteristisch für die betreffende Thierspecies hält, auf die Anwesenheit besonderer in diesen Blutarten vorhandener Stoffe zurückzuführen, welche

1) Hoppe-Seyler. Beiträge zur Kenntniss des Blutes des Menschen und der Wirbelthiere. Dessen: Medicin. chemische Untersuchungen. S. 193. 1866—71.

2) Preyer. Die Blutkrystalle S. 66. 1871.

Digitized by Google

die Krystallform modificiren und die durch die Fäulniss zerstört werden können.

Durch das Einschliessen von Blut in Glasröhren etc., ist man in der Lage sich Material in Vorrath zu verschaffen, aus dem jeder Zeit sich leicht Blutkrystalle erzeugen lassen. Wir haben Blut, das wir vor 7 Jahren in Glasröhrchen einschmolzen, auf sein Krystallisationsvermögen untersucht und in kurzer Zeit Krystalle in reichlichster Menge erhalten. Die Darstellung von Blutkrystallen nach angegebener Methode empfiehlt sich daher im Allgemeinen beim Unterricht, vorzüglich aber in histologischen Cursen.

Digitized by Google

Studien über die automatische Thätigkeit des Athemcentrums und über die Beziehungen desselben zum Nervus vagus und anderen Athemnerven.

Von

Dr. R. Burkart,

pract. Arzt etc.

Nebst Taf. VI und VII.

I.

Ueber die rhythmische Thätigkeit des automatischen Athemcentrums.

Die rhythmische Aktion der Athmungsorgane gliedert sich bekanntlich in zwei miteinander abwechselnde Bewegungen der im Thorax eingeschlossenen Lungen. Die eine derselben bedingt mit der Erweiterung der Brusthöhle die Lungenentfaltung durch die von Aussen einströmende Luft; wir nennen diese Bewegung die Inspiration. Die andere, die Exspiration, bezweckt mit der Verkleinerung des Thoraxinnern das Zusammensinken der Lungen und das Entweichen eines Theiles der in jenen enthaltenen Gasmischung. Bei der gewöhnlichen Athmung wird nur die Inspiration durch aktive Muskelthätigkeit, durch die rhythmische Innervation der Inspiratorengruppe zu Stande gebracht; die Exspiration besteht bei ihr nur in einer passiven Wirkung der Athmungsorgane. Erst unter besonderen Verhältnissen beginnt die rhythmische Aktion der Exspiratoren. Das motorische Centrum derselben scheint mit dem Centrum der Inspiratoren zu einem gemeinsamen in der Medulla oblongata, in der Spitze des calamus scriptorius gelegenen Organe verbunden zu sein, unter der Voraussetzung, dass die motorischen Nerven der beiden verschiedenen Muskelgruppen aus verschiedenen Ganglienzellen entspringen. Dies gemeinsame Centrum der Athembewegungen wird gewöhnlich als noeud vital nach Flourens bezeichnet, denn in seiner rhythmischen Innervation liegt eine

Digitized by Google

der ersten Lebensbedingungen des vom mütterlichen Organismus getrennten Neugeborenen.

Nach Dohmen und Pflüger bedingt der Sauerstoffmangel und auch der Kohlensäureüberschuss des Blutes, und zwar ein jedes der beiden Momente für sich, die Erregung der Ganglienzellen im noeud vital. Die Leistungen des Athmungscentralapparates können sich unabhängig vom Willen vollziehen, ebenso wie auch nach Ausschaltung aller reflektorischen Beeinflussung durch die Trennung der medulla oblongata vom Gehirn und Rückenmark und durch die Durchschneidung der nervi vagi und sympathici die Thätigkeit des im calamus scriptorius gelegenen noeud vital noch fortdauert. Um aber die an und für sich an ein einziges Nervencentrum gebundenen Athembewegungen den wechselnden Anforderungen des ganzen Organismus anzupassen, dafür gibt es ausser dem Gasgehalt des Blutes im Nervensystem eine Menge normaler Erreger und Erregungsleiter, durch welche direct und indirect das in der medulla oblongata gelegene Centrum beeinflusst wird. Fasern in den Bahnen der nervi vagi, der nervi sympathici und der sensiblen, in den hintern Rückenmarkswurzeln verlaufenden Nerven treten mit dem noeud vital in die nächste Verbindung.

Was zunächst die nervi vagi betrifft, so wissen wir, dass in denselben zwei Arten von Athemnerven verlaufen, welche theils in exspiratorischem, theils in inspiratorischem Sinne das Athemcentrum zu beeinflussen vermögen.

Von dem System der sensiblen Nerven ist uns bekannt, dass dasselbe einen eminenten Einfluss auf den Rhythmus der Athmung auszuüben im Stande ist und physiologisch fortwährend ausübt. Experimentel lässt sich unter anderem erweisen, dass schmerzhafte Reizung sensibler Nerven meist exspiratorische Beeinflussung des Athmungsrhythmus bedingt, während andere Erregungen sensibler Nerven die Athmung im inspiratorischen Sinne verändern. So lösen z. B. energische Kälteapplikationen auf die Haut heftige Inspirationen aus. An dem menschlichen Körper giebt es besondere Prädilektionsstellen, von welchen aus sehr leicht die Athmung im inspiratorischen Sinne beeinflusst werden kann. Die Hautpartie des Nackens, über den Dornfortsätzen der Halswirbelsäule ist z. B. eine solche Stelle. Wir wissen, dass von ihr aus durch energische Kälteapplikation, wie Wasserübergiessung, Douche etc. noch heftige Inspirationen hervorzurufen sind, wenn die Funk-

Digitized by Google

tionstüchtigkeit des nervösen Centralorgans bereits so weit gesunken ist, dass bei bestehendem hochgradigem Sauerstoffmangel und Kohlensäureüberschuss nunmehr eine energielose, unzureichende Athmung besorgt wird. Auf dieser Kenntniss gründet sich die oft mit Erfolg durchgeführte Behandlungsmethode von Krankheitssymptomen, welche sehr häufig bei Bronchitis capillaris der Kinder zur Beobachtung kommen. Wenn hier durch den pathologischen Zustand der Lungen eine dauernde Ueberladung des Blutes mit Kohlensäure und ein dauernder Mangel an Sauerstoff bedingt wird, und wenn in Folge dieser Momente der Athmungsmodus so oberflächlich und kraftlos geworden ist, dass bei der Fortdauer dieser Respirationsbedingungen das Ende des Patienten sicher bevorsteht, dann rufen eben jene Uebergiessungen des Nackens mit kaltem Wasser heftige, oft lebensrettende inspiratorische Athembewegungen hervor. Wie oft und wie erfolgreich benutzen wir ferner diese Kenntniss der Athemerregung durch Reizung sensibler Nerven bei den Wiederbelebungsversuchen asphyktischer Neugeborener.

Ferner mache ich noch auf die allbekannte Thatsache aufmerksam, dass der mit den Funktionen des Nervensystems in inniger Verbindung stehende Gesammtstoffwechsel den Athmungsrhythmus in mannigfachster Weise zu moduliren im Stande ist.

Auch der Wille ist befähigt, die Athmungsrhythmik zu beeinflussen. Unter normalen Verhältnissen machen wir indessen nie zur Erhaltung des Lebens von dieser Befähigung Gebrauch. Anders aber bei gewissen pathologischen Veränderungen der Athmungsorgane. Sehr oft hat man am Krankenbett solcher Individuen, welche durch Lungendefekte dyspnoeisch geworden sind, Gelegenheit, folgende Beobachtung zu machen: Derartige Lungenkranke sind gezwungen mit aller Aufmerksamkeit zu athmen, um nicht noch mehr dyspnoeisch zu werden; ängstlich überwachen sie mit dem Willen jede Inspiration und Exspiration, damit das höchste Maass der noch möglichen Lungenexkursion erreicht werde; sie scheuen sich einzuschlafen, weil sie wissen, dass die Dyspnoe sofort steigen würde, wenn der Wille im Schlaf die Controlle über die Athmungsrhythmik verlöre. Das automatische Athemcentrum ist eben bei den bestehenden Veränderungen der Lungen und der Blutmischung insufficient geworden.

So lange der gesunde Foetus in der Uterinhöhle der gesunden

Digitized by Google

Mutter bei intaktem Placentarkreislauf existirt, zu einer Zeit, in welcher er als lebensfähiges, d. h. als selbständiges, Individuum gedacht werden kann, hat derselbe kein Athembedürfniss, er ist apnoeisch und athmet nicht. Sobald aber der Placentarkreislauf derart gestört wird, dass der Gasaustausch und vorab die Sauerstoffabsorption für das foetale Blut nicht mehr in genügender Weise vor sich geht, sobald also für das foetale Blut Sauerstoffmangel eintritt, dann macht der Foetus die erste inspiratorische Athembewegung. Zum Zustandekommen der normalen rhythmischen Athmung kommen aber ausser dem Gasgehalt des Blutes beim Neugebornen noch Momente in Betracht, auf deren Existenz zuerst Pflüger aufmerksam gemacht hat: „Ich kann nicht umhin, sagt Pflüger[1]), auf einige mit Dr. Dohmen angestellte Beobachtungen aufmerksam zu machen, die ich an fast reifen Kaninchenembryonen gemacht habe und welche zeigen, dass noch gewisse bisher nicht beachtete Momente zur regelrechten Respirationsbewegung nach der Geburt nothwendig sein dürften. Mehrmals erhielten wir hochträchtige Kaninchenweibchen, befestigten sie mit dem Rücken auf das Vivisektionsbrett und eröffneten das Abdomen. Darauf machte ich einen Längsschnitt durch die beiden Uterushörner, der die Placenten nicht verletzte, während das Mutterthier lebendig war und die Jungen sämmtlich noch mit normaler Placentarverbindung in den dicht anliegenden Eihäuten erschienen. Selten bemerkt man an einem der Embryonen ein Oeffnen des Mundes. Ich löste nun den Foetus mit der Placenta ohne irgend eine Verletzung ab in der Erwartung, dass nun sofort die Athembewegungen eintreten würden. Das war aber, obwohl die Thiere durch ihre Bewegung ihr Leben bekundeten, nicht der Fall, sondern sehr selten fand, alle 2—5 Minuten eine Respiration statt, worauf das Thierchen in die frühere Ruhe versank. Kneipen der Nabelschnur an der abdominalen Insertionsstelle, oder an irgend einem andern Punkt der Körperoberfläche rief ebenso eine einmalige Inspiration hervor. Sobald ich aber einen Schlitz durch die über Nase und Mund sich herspannenden Eihäute gemacht hatte, so dass bei der nun folgenden irgendwie angeregten Inspiration Luft in die Lunge eindrang, änderte sich plötzlich das ganze Verhalten des Thieres. Sofort begann ein heftiger Sturm der rapidesten, etwas unregel-

1) Pflüger's Archiv I, 1. pag. 81. 82.

Digitized by Google

mässigen Athembewegungen, die allmählig in den ruhigen gesetzmässigen Typus übergingen. Viele, auf diese Weise untersuchte Kaninchenembryonen verhielten sich absolut gleich, so dass es mir schien, als ob durch die erste Lungenentfaltung noch ein besonderer Moment geschaffen werde, welcher erst den normalen Gang der periodischen Innervation in der medulla oblongata auslöse. Bei uneröffneten Eihäuten schienen die Embryonen allmählig abzusterben, ohne dass es jemals zu eigentlich periodischen Athembewegungen gekommen war."

Breuer und Hering haben bekanntlich später diese Beobachtung Pflüger's weiter illustrirt durch die Entdeckung zweier im Vagusstamme verlaufenden Nervenarten, welche das Athemcentrum bei den normalen Exkursionen der Lungen bald im inspiratorischen, bald im exspiratorischen Sinne beeinflussen. Hat das Athmungscentralorgan ein Mal seine Thätigkeit entfaltet, so scheint zur weiteren Fortdauer eines rhythmischen, von der Norm zwar abweichenden Athmungsmodus die Erregung der vorab in den Bahnen der nervi vagi vereinigten exspiratorischen und inspiratorischen Nervenfasern nicht mehr nothwendig zu sein. Bekanntlich besteht ja nach Durchschneidung der nervi vagi und sympathici und nach Trennung der medulla oblongata von Gehirn und Rückenmark, eine vom Normalen zwar ganz verschiedene Athmungsrhythmik fort.

Zwei Fragen von weittragender Bedeutung folgern unmittelbar aus obigen Bemerkungen über die Thätigkeit des Athmungscentralapparates: 1. Wie kommt die rhythmische Innervation des Athemcentrums im noeud vital zu Stande? 2. In welcher Weise beeinflusst die Erregung bestimmter Nerven die rhythmische Thätigkeit der Athmungsorgane?

Versuchen wir zunächst eine befriedigende Beantwortung der ersten Frage zu geben.

Bekanntlich hat Rosenthal zur Versinnlichung dieser rhythmischen Wirkung eine Hypothese aufgestellt, welche er die Widerstandshypothese nennt, und die bei andern Forschern den grössten Anklang gefunden hat. „Der wesentlichste Kern, sagt Rosenthal[1]), der in Frage stehenden Hypothese ist der, dass die rhythmische Thätigkeit des nervösen Centralorgans erklärt wird durch das

1) Bemerkungen über die automatischen Nervencentra, insbesondere über die Athembewegungen. Erlangen 1875, pag. 30.

Digitized by Google

Gegeneinanderwirken einer stetigen Erregung und eines gleichfalls stetigen Widerstandes, welcher sich der Abgleichung der Erregung entgegenstellt." Rosenthal nimmt in dem rhythmisch wirkenden Athmungscentralorgan eine stetig sich entwickelnde Erregung an, deren Entladung durch einen Widerstand so lange verhindert wird, bis ihre stets wachsende Grösse die Grösse des Widerstandes überwindet. Der hypothetische Widerstand der Theorie Rosenthals steht in Verbindung mit peripheren Nerven und andern Centralnervenapparaten, durch deren Erregung er vergrössert und verkleinert werden kann, um so in entsprechender Weise den Rhythmus der Athmung zu verändern. „Bei alledem, sagt Rosenthal weiter[1]), kann nicht geleugnet werden, dass die Vorstellung, durch Erregung von Nerven werde in den mit diesen zusammenhängenden Ganglienapparaten der Widerstand vergrössert oder verkleinert, der wünschenswerthen Klarheit entbehrt. Es ist mir unmöglich über die Art, wie ich mir diese Veränderung des Widerstandes denke, etwas Näheres anzugeben, aus dem einfachen Grunde, weil ich über die Natur des Widerstandes nicht die geringste Vorstellung habe." Rosenthal hat, als er jene angeführten Sätze niederschrieb, eine Abhandlung Pflüger's über die Ursachen der Athembewegungen, sowie der Dyspnoe und Apnoe[2]), unberücksichtigt gelassen. Pflüger erläutert dort eine recht plausible Vorstellung über die stetig sich erneuernde Erregung des Athemcentrums und über die Art und Weise, wie die Anhäufung der Erregung befördert und wie sie verhindert werde, damit es, oder damit es nicht zur Entladunng, zur Athembewegung komme. „Es steht fest, sagt Pflüger[3]), dass sich in dem Körper sehr leicht oxydirbare, durch Sauerstoffzufuhr desshalb schnell verschwindende Stoffe bilden." Unter Hinweis auf die Vergiftungserscheinungen durch Blausäure macht er dann auf die Möglichkeit aufmerksam, dass unter den bekannten chemischen Körpern irgend ein leicht oxydirbarer existire, welcher der normale Athemerreger sei, und bezeichnet es als eine der wichtigsten Aufgaben der Physiologie, diesen Stoffen der Dyspnoe weiter nachzuspüren. „Bis[4]) auf Weiteres müssen

1) l. c. pag. 41.
2) Pflüger's Arch. I, 1.
3) Pflüger's Archiv I, 1 pag. 90.
4) l. c. pag. 100.

Digitized by Google

wir uns also mit der gewonnenen Thatsache begnügen, dass der Sauerstoffmangel die wesentlichste Ursache der Athembewegungen und Dyspnoe ist und sehr wahrscheinlich dadurch erregend wirkt, dass er die Anhäufung leicht oxydirbarer Stoffe ermöglicht. Wenn man diese meine (Pflüger's) Anschauungsweise zugibt, dann versteht man auch gut die Ursache der Apnoe." „Unser Körper [1]) beherbergt einen gewissen Vorrath jener leicht oxydirbaren, Dyspnoe erzeugenden Substanz, welche kontinuirlich den Sauerstoff aufzehrt. Sobald wir nun längere Zeit höchst energisch ventiliren, steigern wir etwas den Gehalt des freien Sauerstoffs im Plasma und den Geweben und verringern oder vernichten den Vorrath jener leicht oxydablen Substanzen vollständig. In Folge dessen gebraucht das Thier in der Apnoe weniger oder fast gar keinen Sauerstoff, weil eben die leicht oxydirbaren Stoffe fortgeschafft sind. Erst allmählig sammeln sie sich wieder in grösserer Menge an, um das Blut zu reduciren." Wir werden später sehen, wie Pflüger selbst diese seine Hypothese den neuesten Ergebnissen der physiologischen Forschung angepasst hat.

Es würde also als wesentlichste, freilich hypothetische Erregung der rhythmischen, inspiratorischen Athembewegungen anzusehen sein die durch Sauerstoffmangel bedingte Production irgend einer stetig sich bildenden Substanz. Dieselbe wird, wie ich bereits anderswo [1]) ausdrücklich hervorhob, nicht vom Blutgefäss resp. der Ernährungsflüssigkeit aus den Ganglienzellen als Erreger übermittelt, sondern sie entsteht in den Ganglienzellen selbst. Sie funktionirt als heftigster Reiz eben jener Zellen, welche ihre Produktion besorgen, und nur ein dauernder Vorrath an Sauerstoff kann die erregende Wirkung dieses übrigens sehr leicht oxydablen Stoffes paralysiren. Man hätte sich nämlich vorzustellen, dass nur bei Sauerstoffmangel in den Ganglienzellen des noeud vital die Entstehung des athemerregenden Stoffes möglich sei, dessen Produktion und dessen Anhäufung die Reizung und Erregbarkeit der ihn producirenden Ganglienzellen bedingen. Ist grosser Sauerstoffmangel vorhanden, dann wird viel von jener leicht oxydablen athemerregenden Substanz in einer Zeiteinheit gebildet und abgelagert, und in Folge hiervon ist auch die Reizung und Erregbarkeit des

1) l. c. pag. 101.

2) Deutsche Medizin. Wochschr. 1877, Nr. 32. 33.

Digitized by Google

Athemcentrums gross. Dauert die Produktion lange, dann dauert auch die Reizung lange. Bei Sauerstoffmangel geht die Produktion des athemerregenden Stoffes so lange vor sich, als die betreffende Ganglienzelle noch Lebensäusserungen von sich gibt, d. h. lebendig ist. Die Entstehung dieser Substanz ist eben nichts anderes als die Lebensäusserung der Ganglienzellen des noeud vital bei Sauerstoffmangel. Die Produktion des leicht oxydablen Stoffes würde die Reizung und die Anhäufung des producirten Stoffes, in gewisser Beziehung die Grösse der Erregbarkeit der Ganglienzellen des Athemcentrums bestimmen. Die Produktion des hypothetischen Stoffes, d. h. also die Reizung des Athemcentrums, sistirt sofort, wenn seinen Ganglienzellen wieder hinreichend Sauerstoff zu Gebote steht. Die Erregbarkeit des Centrums würde sinken mit der Verminderung des angehäuften, hypothetischen, leicht oxydablen Stoffes durch gesteigerte Sauerstoffzufuhr.

Unter Ausschaltung aller übrigen Beziehungen müsste demnach bei einem Athemzuge die Aktion der Inspiratoren so lange dauern, bis das durch die Inspiration in den Lungen wieder mit neuem Sauerstoff bereicherte Blut die Produktion des erregenden, leicht oxydablen Stoffes in den Ganglienzellen der Medulla oblongate unmöglich gemacht hätte; dann erst würde die Reizung der Inspiratoren, die Inspiration aufhören und eine passive Exspiration folgen. Die dieser Exspiration folgende zweite Inspiration würde einsetzen mit dem Wiederbeginn der durch den vergangenen ersten Athemzug sistirten Produktion der hypothetischen, leicht oxydablen Substanz. Diese Produktion würde ermöglicht werden durch den Sauerstoffmangel, welcher während einer an die Exspiration sich anreihenden Athmungspause in dem Blutgehalt des noeud vital allmählich von neuem Platz greift. Diese einfache, reflectorisch unbeeinflusste Thätigkeit des nervösen Athemcentrums muss bei der Isolation desselben zu beobachten sein, wie wir sie experimentell durch Trennung der medulla oblongata vom Gehirn und Rückenmark, durch Durchschneidung der nervi vagi und sympathici möglichst vollständig herrichten können. Der unter solchen Bedingungen auftretende Athmungsmodus entspricht der oben ausgeführten Vorstellung über das Zustandekommen der Athmungsrhythmik: Einer energischen tiefen, langgezogenen Inspiration folgt eine energische, kurze Exspiration; an diese reiht sich erst die zweite Inspiration nach längerer Athmungspause.

Digitized by Google

Zur Erklärung der Rhythmik der Athembewegungen hätten wir somit als kontinuirliche gegen einander wirkende Kräfte anzuführen: 1. Die hypothetische, in den Ganglienzellen des nervösen Athemcentrums bei Sauerstoffmangel stetig sich erneuernde, leicht oxydable Substanz, deren Produktion als Reiz eben dieser Ganglienzellen funktionirt, deren Funktion, resp. deren Entstehung aber sofort aufhört, wenn genügend Sauerstoff dem Gewebe der medulla oblongata geboten wird. 2) Das Blut und zwar in erster Linie den Gehalt desselben an Sauerstoff, welcher die Oxydation des Ganglienzelleninhaltes besorgt und dadurch die Entstehung der athemerregenden Substanz d. h. die Reizung des Athemcentrums verhindert.

Ist Mangel an Sauerstoff vorhanden und so die Produktion und die Anhäufung der hypothetischen Substanz in den Ganglienzellen des noeud vital ermöglicht, so wird bei einem bestimmten Grade der Produktion und der Anhäufung die Erregung der Inspiratorengruppe erfolgen; durch deren Aktion wird in den Lungen das Blut mit neuem Sauerstoff sich bereichern, um so im Stande zu sein, einerseits die Bildung der leicht oxydablen Substanz und mit ihr die Erregung der Ganglienzellen zu sistiren, andererseits durch Oxydation der angehäuften Substanz die Erregbarkeit der Zellen zu mindern. Nach den Anforderungen, welche der thierische Organismus bei der Abwicklung der Lebensprocesse an sein Athemcentrum stellt, und nach den Leistungen dieses Centrums zu schliessen muss seine Erregbarkeit, d. h. vorab seine Empfindlichkeit gegen die Produktion jenes hypothetischen Stoffes, ungemein gross sein. In Uebereinstimmung hiermit würde zur mittleren Erregung des Athemcentrums jedenfalls nur ein sehr kleiner Grad der Produktion jenes leicht oxydablen Stoffes nothwendig sein. Je grösser nun in einer bestimmten Zeiteinheit in den Ganglienzellen des noeud vital der Sauerstoffmangel ist, desto mehr wird auch in derselben Zeiteinheit von der hypothetischen Substanz producirt und abgelagert, desto grösser wird auch die Erregung der Ganglienzellen ausfallen, desto tiefer und anhaltender wird die Einathmung sein und desto mehr Sauerstoff wird dem Blute und so auch den gereizten Ganglien in einer bestimmten Zeiteinheit zugeführt werden.

Die obigen Auseinandersetzungen über das Zustandekommen der Athmungsrhythmik differiren in verschiedener Beziehung von anderen bezüglichen Theorien. Zur Klärung der Verhältnisse wie-

Digitized by Google

derhole ich hier noch einmal als wesentlichsten Kern der aufgestellten Behauptungen: 1. Die Ganglienzellen des Athemcentrums produciren bei Sauerstoffmangel in sich einen leicht oxydablen Stoff. 2. Dieser Stoff funktionirt bei einem gewissen Grad der Produktion und der Anhäufung als Reiz eben jener Zellen, welche seine Produktion besorgen. 3. Der Sauerstoff des Blutes resp. der Gewebe tritt der Produktion und Anhäufung, d. h. also der reizenden Wirkung, des hypothetischen Stoffes hindernd resp. beseitigend entgegen. 4. Die Fähigkeit der Ganglienzellen, bei eintretendem Sauerstoffmangel viel oder wenig des athemerregenden Stoffes zu produciren, wird bestimmt durch die Lebensenergie dieser Zellen, ebenso wie ja auch die Lebensenergie, oder besser die Oxydationsenergie, das Sauerstoffbedürfniss der Zellen bedingt. Die Produktion der hypothetischen Substanz ist eben nur die Lebensäusserung der Ganglienzellen, des noeud vital bei Sauerstoffmangel und hört mit dem Leben der Zellen selbst auf.

Rosenthal in seinen im Jahre 1862 erschienenen „Athembewegungen" suchte darzuthun, dass die Athembewegungen nicht in dem Sinne als automatische zu bezeichnen sind, dass die Ganglien des noeud vital vermöge eines ihnen immanenten Mechanismus aus sich selbst thätig sein müssten. Im Gegentheil behauptete er, dass diese Ganglien erst vom Blute aus die Anregung zu ihrer Thätigkeit empfangen. In den im Jahre 1875 veröffentlichten „Bemerkungen über die Athembewegungen" bespricht Rosenthal diesen Gegenstand noch ein Mal: „Wir sind berechtigt anzunehmen[1]), sagt er, dass die eigentlich wirksamen Elemente des Athemcentrums in gangliösen Gebilden, den Ganglienzellen des noeud vital, zu suchen sind.... Wenn nun die Blutflüssigkeit durch Transsudation aus den Capillaren in die umgebenden Gewebe übertritt und mit diesen und den durchdringenden Gewebssäften in Diffusionswechselwirkung tritt, so muss die chemische und physikalische Beschaffenheit der Gewebe, in unserem Falle also der Nervenzellen, offenbar von der Beschaffenheit des Blutes in den Capillaren bedingt sein. Und somit ist erklärt, wie ganz andere Vorgänge in den Nervenzellen Platz greifen können, wie diese entweder ganz unthätig oder in geringerem oder höherem Grade thätig sein können, je nach der wechselnden Beschaffenheit des Blutes, wobei wir unter Unthätigkeit oder Thätigkeit der Nervenzellen uns an und für

1) l. c. pag. 13. 14.

Digitized by Google

sich ganz unbekannte Zustände verstehen, auf welche wir nur aus den Erscheinungen an den mit jenen Nervenzellen verbundenen Nerven- und Muskelapparaten schliessen." Aus diesen und anderen Ausführungen scheint mir hervorzugehen, dass Rosenthal in neuerer Zeit nicht mehr so wie früher der Auffassung entgegentreten würde, nach welcher die Ganglienzellen des Athemcentrums aus sich selbst thätig seien und nur durch die ihnen unentbehrliche Ernährungsflüssigkeit, das Blut, in ihrer Thätigkeitsäusserung beeinflusst werden.

Rosenbach in seinen im Jahre 1877 erschienenen „Studien über den nervus vagus" spricht sich über die rhythmische Innervation des Athemcentrums folgender Weise aus: „Wenn[1]) wir die Theorie von der primären Erregung der die Athmung beherrschenden Centralorgane durch das Blut als richtig annehmen (Rosenthal) und hieran kann wohl kein Zweifel bestehen, so muss dieser Reiz bei einer gewissen Beschaffenheit desselben beständig wirken, vorausgesetzt, dass sich diese Beschaffenheit nicht ändert, dass nicht die Reizgrösse unter ein gewisses Maass sinkt. Jede Verminderung in der Blutmasse der Centren — . . . . . — wird demgemäss eine Einwirkung auf die Athembewegungen ausüben, und zwar wird jedes Sinken der Menge der erregenden Bestandtheile oder jede Verminderung der Venosität die Athmung koupiren, da der Reiz aufhört". Das Athemcentrum erleidet nach Rosenbach[2]) eine Abnahme des Innervationsreizes bis zu einem völligen Verschwinden desselben a) durch die Sauerstoffvermehrung in dem ihm zugeführten Blut und b) durch die Verminderung der ihm zugeführten Blutmenge. „Die Identität dieser beiden Vorgänge, sagt Rosenbach[3]), lässt sich aber nur aufrecht erhalten, wenn wir annehmen, dass im Blute, in specie in den rothen Blutkörperchen, ein Produkt des Stoffwechsels, eine chemische Verbindung existirt, welche als Reiz für gewisse Organe wirkt. Die Sauerstoffaufnahme bedingt eine Aenderung der chemischen Constitution dieses hypothetischen Reizes, sie zerstört ihn gewissermaassen, die Gefässverengerung bewirkt bei einem gewissen Gehalte des Blutes an dem zum Leben nöthigen

1) l. c. pag. 76.
2) l. c. pag. 133.
3) l. c. pag. 133. 134.

Digitized by Google

Sauerstoff eine Verminderung des Reizes dadurch, dass, eben wegen der Verengerung des Gefässquerschnittes, nun eine geringere Quantität des reizenden Stoffes zu den Organen gelangt, deren Thätigkeit sich nach der Menge dieses Reizes richtet." Ebenso wie Gefässverengerung wirkt aber, nach Rosenbach, unter gewissen Bedingungen auch Blutverlust[1]), so dass bis zu einer gewissen Grenze nicht der absolute Sauerstoffgehalt des Blutes (die Gesammtsumme des im Blute enthaltenen O), sondern die relative Sauerstoffmenge, d. h. die Menge O, die jedes einzelne Blutkörperchen besitzt, es ist, welche auf die Erregung gewisser Apparate von Einfluss ist. Je weniger Blutkörperchen (bis zu einer gewissen Grenze) vorhanden sind, desto leichter ist ihr O-Bedürfniss zu befriedigen, desto geringer die Anregung zur Innervation.

Wenn wir die angeführten Deduktionen Rosenbach's mit den Anschauungen desselben Forschers zusammenhalten, welche er l. c. pag. 64 u. 67 niedergelegt hat, so ist die Annahme wohl berechtigt, dass Rosenbach die durch den Stoffwechsel bedingte Alteration des Blutes und in specie der Blutkörperchen als Reiz für die nervösen Elemente des Athmungscentralorgans ansieht. Nach ihm[2]) wird sowohl bei Sauerstoffmangel, als auch bei Kohlensäureüberschuss oder auch bei beiden Gasverhältnissen des Blutes zusammen ein Produkt des Stoffwechsels in dem Blute resp. den Blutkörperchen abgelagert, welches den Reiz für die Ganglien des noeud vital abgiebt (nachdem es durch Diffusion zu diesen Zellen gelangt ist?). Das Lebensbedürfniss der Nervenzelle, d. h. ihre Arbeitsthätigkeit, bestimmt, wie Rosenbach angibt, den Gasgehalt des eigenen Blutgefässsystems. Die Ganglienzellen des Athemcentrums, in welchem wohl mit die höchste Arbeitsleistung, d. h. der lebhafteste Sauerstoffkonsum, aller Körperorgane vor sich geht, werden in ihrem Blutgefässsystem sehr leicht eine relative Venosität bedingen; dies geschieht schon zu einer Zeit, in welcher die anderen weniger energisch thätigen Organe in ihrem Blutgefässsystem noch keinen Sauerstoffmangel geschaffen haben. In dem Blute des noeud vital wird also sehr leicht Sauerstoffmangel auftreten, und in Folge dessen werden sich in diesem Theile des

1) l. c. pag. 131. 132. 133.

2) l. c. pag. 65.

Digitized by Google

Gefässsystems sehr leicht jene Stoffe entwickeln, welche die Ganglienzellen in Erregungszustand versetzen. Natürlich bestimmt es das Lebensbedürfniss des Gesammtorganismus, ob dem Athemcentrum bereits von vorne herein ein Blut geboten wird, welches ohne Zuthun der eigenen Zellen bereits so reich an athemerregenden Stoffwechselprodukten ist, dass die Ausslösung eines Inspirationsreizes durch sie erfolgen kann. So lauten nach meinem Verständniss der Rosenbach'schen Schrift die Deduktionen, welche man aus seiner Athmungstheorie herleiten muss. Dieselbe unterscheidet sich von der Theorie, welcher ich hier das Wort rede, besonders dadurch, dass ich den Athmungsreiz in die Nervenzellen des noeud vital selbst hinein verlege, während Rosenbach annimmt, dass dieser Reiz im Blut und in specie den Blutkörperchen enthalten sei.

Was zunächst die von Rosenbach vertretene Anschauung betrifft, dass das Blut und in specie die rothen Blutkörperchen die normalen Erreger der automatischen Athembewegungen seien, so kann ich es mir nicht versagen, eine hierauf bezügliche Aeusserung Pflüger's anzuführen: „Wenn man mit Isidor Rosenthal daran dächte, sagt Pflüger[1]), dass reducirtes Hämoglobin sich erregend gegen die Ganglienzellen des verlängerten Markes verhalten könnte, während Oxyhämoglobin indifferent wäre, so dürfte man hierbei doch nicht ausser Acht lassen, dass das Hämoglobin nur in den Blutkörperchen ist, die durch geschlossene Canäle von der Nervensubstanz getrennt sind und also auch keinen Reiz auf diese auszuüben vermögen. Es ist vielleicht ferner nicht ohne Bedeutung, dass viele lebhaft athmende Insekten gar kein gefärbtes Blut haben. Dass nun sauerstofffreies Hämoglobin reducirend auf Gewebe zu wirken vermöge, ist offenbar desshalb ganz unzulässig anzunehmen, weil wir keinen Körper in unserem Organismus kennen, der eine geringere chemische Anziehung auf den Sauerstoff ausübe, als grade der Blutfarbstoff. Wenn man sich also nicht in die abenteuerlichsten Hypothesen vertiefen will, so liegt die Ursache der Dyspnoe in dem Mangel des freien Sauerstoffs in den Geweben unseres Körpers beziehungsweise des verlängerten Markes.“ Diesen Bemerkungen Pflüger's möchte ich die bezeichnende Thatsache hinzufügen, dass Frösche, deren Blut aus den Gefässen vollständig verdrängt und durch Kochsalzlösung ersetzt ist, die schönsten Athembewegungen zeigen.

1) Pflüger's Arch. I, 1. pag. 96. 97.

Digitized by Google

Ueber die Natur des in den Blutkörperchen bei Sauerstoffmangel sich bildenden, athemerregenden Stoffes spricht sich Rosenbach nicht genau aus und gibt auch keinen weiteren Aufschluss, wie man sich die erregende Wirkung des in den Blutkörperchen enthaltenen hypothetischen Stoffes auf die Ganglienzellen des noeud vital zu denken habe.

Ebensowenig redet Rosenbach in seiner genannten Schrift über eine selbständige Thätigkeit der Ganglienzellen im Athemcentrum, welche wir gewöhnlich als Reizzustand bezeichnen. Jedenfalls aber müssen wir annehmen, dass die Ganglienzellen des noeud vital auch in gewisser Beziehung unabhängig vom Blute erregt werden können durch eine ihnen immanente lebendige Kraft, ebenso wie alle andere Nervensubstanz. Daraus folgt aber, dass mit der Behauptung, die Nervenzellen des Athemcentrums würden vom Blute aus erregt durch ein bei Sauerstoffmangel in den Blutkörperchen existirendes Produkt des Stoffwechsels (Rosenbach), nicht allen Lebenserscheinungen des Athemcentrums Rechnung getragen wird. Wenn man Pflüger's Theorie des Lebens adoptirt, dann wird man mit ihm[1]) annehmen, dass alle specifische Lebensleistung, also auch die Thätigkeit des Athemcentrums, nur Arbeit der Zellsubstanz ist und nicht der Säfte; man wird ferner seinen[2]) Erörterungen beipflichten, welche eine befriedigende Vorstellung geben von der Mechanik der Wirkung des Sauerstoffmangels auf die Ganglien des noeud vital:

„Wenn bei einem Menschen oder Thiere in Folge von Sauerstoffmangel Athemnoth erzeugt wird, begreift sich, dass geänderte Beziehungen zwischen den Atomen und Molekülen der Nervenmaterie des Athemcentrums eintreten werden. Denn die wegen Sauerstoffmangel nicht befriedigten Affinitäten erzeugen Näherungen von Atomen, die unter gewöhnlichen Verhältnissen sich entfernter von einander befinden. Ja diese nicht befriedigten Affinitäten können wohl auch eine Annäherung der Moleküle der Nervensubstanz bewirken. Sollte sich nun die Wanderung des intramolekularen Sauerstoffs so vollziehen, dass, wofür manches spricht, ein Molekül denselben an ein benachbartes abgibt, so wäre die Uebertragung

1) Pflüger's Arch. X, 301.

2) Pflüger's Arch. XV, 97. 98.

Digitized by Google

des Sauerstoffs erleichtert, also die Umsetzung von Spannkraft in lebendige Kraft begünstigt. Ist aber die Wanderung des intramolekularen, die innere Oxydation bedingenden Sauerstoffs rein molekular, d. h. von einem Atome eines Molekules nach einem anderen Atome desselben Molekules gerichtet, wie etwa bei den Nitrokörpern vom Stickstoff- zum Kohlenstoffatom, so wäre ja auch begreiflich, dass wegen der stattgehabten Lageänderung der Atome die innere Oxydation, also Reizung, begünstigt sein könnte". Ich glaube, dass meine schon anderswo[1]) ausgesprochene Vorstellung über die Art und Weise, wie Sauerstoffmangel Athem erregend wirkt, mit jenen Erörterungen Pflüger's über denselben Gegenstand im besten Einklang sich befindet: Bei Sauerstoffmangel entsteht in den Ganglienzellen des noeud vital ein chemischer Vorgang, ein Produkt des dauernden Zellenstoffwechsels, dessen Produktion und Gegenwart ein Reizmoment abgibt für dieselbe Ganglienzelle, welche die Produktion besorgt. Diese Anschauung hat vor derjenigen Rosenbach's zunächst den Vorzug, dass sie umfassender ist. Mit ihr erklären sich alle Erscheinungen des Athemcentrums auf die einfachste Weise. Die automatische Thätigkeit der Ganglienzellen des noeud vital und die Beeinflussung derselben durch den Willen und durch alle anderen Lebensäusserungen des Organismus werden nach unserer Theorie auf denselben intracellularen Process der Dissociation des Zelleninhaltes zurückgeführt.

Wie wir oben bereits entwickelt haben, liegt für die unserer Theorie entgegengesetzte Anschauung Rosenbach's, es sei im Blut und in specie den Blutkörperchen der Erreger des Athemcentrums zu suchen, eine Hauptstütze in der Behauptung, dass für das Athemcentrum durch die Verminderung der zugeführten Blutmenge ebenso eine Abnahme des Innervationsreizes geschaffen werde, wie durch Sauerstoffvermehrung im Blute. Diese Behauptung folgert Rosenbach zunächst aus gewissen Versuchen, welche zu beweisen scheinen, dass die Apnoe nach einem grossen Aderlass leichter als vor demselben zu erzielen sei und auch relativ länger dauere. „Wenn man einem Thiere, sagt Rosenbach[2]), eine bedeutende Blutentziehung macht, so tritt bekanntlich Dyspnoe auf, an welche sich bald bei fortdauerndem Blutverlust die von Kussmaul und Tenner zuerst bobachteten Krämpfe anschliessen.

1) Deutsche Medizin. Wochenschr. 1877, Nr. 32, 33.

2) l. c. p. 130. 131.

Digitized by Google

Man sollte nun der Theorie gemäss annehmen, dass die nun eingeleitete künstliche Athmung nur sehr schwer oder gar nicht im Stande sei, einen apnoeischen Zustand herbeizuführen oder selbst nur die Dyspnoe erfolgreich zu bekämpfen; denn wenn Sauerstoffmangel die Ursache der Krämpfe und der Athemnoth ist, so muss natürlich bei Verlust eines so bedeutenden Quantums von Sauerstoff und Sauerstoffüberträgern der O-Mangel schwer zu ersetzen sein.

Trotz der anscheinenden theoretischen Berechtigung dieses Schlusses, dass in Folge des Blutverlustes die Apnoe schwerer zu bewerkstelligen sei, gibt das Experiment ein unerwartetes, entgegengesetztes Resultat, welches in vielen Versuchen keine Veränderung erfuhr."

„Schnitt ich bei einem Kaninchen nach vollendeter Vorbereitung zur künstlichen Respiration die Carotis dextra an und liess das Blut so lange ausströmen, bis heftige Krämpfe auftraten, und leitete dann die künstliche Athmung ein, so beruhigten sich die krampfhaften Bewegungen sofort, und nach wenigen Einblasungen lag das Thier apnoeisch da. Trotz einer grossen arteriellen Blutentziehung aus einer zum Gehirn führenden Arterie, die meist so bedeutend war, dass die später angeschnittene andere Carotis nicht mehr spritzte, dass das Herz noch ganz schwache Bewegungen zeigte, liess sich schnell eine verhältnissmässig langdauernde Apnoe herstellen. Die Dauer der Apnoe betrug meist das Doppelte der vorher (bei unversehrter Carotis) gefundenen Dauer des apnoeischen Zustandes, selbstverständlich bei gleicher Zahl von gleich grossen Einblasungen."

Ich habe die Versuche Rosenbach's über das Zustandekommen und die Beschaffenheit der Apnoe vor und nach einem Aderlass wiederholt. Die hierzu von mir benutzten Thiere waren ebenfalls Kaninchen. Ehe ich indessen zu der Beschreibung meiner Versuche übergehe, lasse ich die Tabelle[1]), welche über die bezüglichen Rosenbach'schen Versuche berichtet, hier folgen:

Körpergewicht (in grm).	Menge d. Gesammtblutes (n. Ranke berechnet).	Blutverlust (in grm).	Apnoedauer (in Secunden) nach je 30 Einblasungen		Respirationsfrequenz (in ? Secunden)	
			vor dem Aderlass.	nach dem Aderlass.	vor dem Aderlass.	nach dem Aderlass.
1190	66	28	4, 4½, 3½	35, 48, 35	60	78
890	50	25½	0, 4, 3	18, 7, 14	65	85
790	44	20	0, 1, 1	10, 15, 17	80	108

1) l. c. p. 132.

Digitized by Google

Während Rosenbach in der Beschreibung seiner Versuchsergebnisse ausdrücklich angibt, dass die Dauer der Apnoe nach dem Aderlass meist das doppelte der vorher (bei unversehrter Carotis) gefundenen Dauer des apnoeischen Zustandes betrage, sehen wir laut seiner angeführten Versuchstabelle, dass die Apnoedauer nach dem Aderlass sogar um das zwei- bis siebenzenfache gesteigert sein kann. Bevor wir die theoretischen Auseinandersetzungen besprechen, welche Rosenbach an seine Versuchsergebnisse anknüpft, gebe ich zunächst die Beschreibung einiger meiner bezüglichen Versuche.

A.

Schwarz-weisses, weibliches, mittelstarkes Kaninchen; um 4 Uhr 53′ Nachmittags auf dem Rücken liegend befestigt. Um 5 Uhr begann die Operation der Tracheotomie. Als Trachealkanüle benutzte ich eine entsprechend gebogene neusilberne Röhre mit gablich getheilter, also doppelter Ausführungsöffnung. Das eine dieser Gabelenden wurde durch einen Gummischlauch mit einem kleinen Handblasebalg in Verbindung gesetzt, durch dessen Spiel die künstliche Ventilation bewirkt werden sollte. Das andere Ende diente dazu, um bei der Lungenlüftung während der Einblasung die überflüssige Luft einer Blasebalgfüllung nach Aussen entweichen zu lassen und so eine übermässige Dehnung der Lungen zu verhindern; ferner sollte dasselbe während der einer Einblasung folgenden Ausathmung die Communikation vermitteln zwischen Lungen und Aussenluft. Bei ruhendem Blasebalg und selbständiger Athmung des Thieres geschah die dann vor sich gehende Lungenventilation ebenfalls durch diese zweite Oeffnung der Kanüle. Die Weite derselben war so gross, dass das Spiel des mit der ersten Rohröffnung in Verbindung stehenden Blasebalges kaum im Stande war eine Luftkompression und mit dieser eine Lungenentfaltung zu bedingen, welche zur Herrichtung eines apnoeischen Zustandes genügte. Jenes zweite Gabelrohr aber konnte mit einem Gummischlauch versehen werden und durch passende Auswahl in der Länge und Weite desselben hatte man es in der Hand das Lumen der Rohröffnung und mit ihr beliebig den Luftdruck zu moduliren, welcher durch das Zusammendrücken des Blasebalges auf die Lungenoberfläche ausgeübt wurde. Bekanntlich ist eine mehr weniger beträchtliche Stauung im venösen Gefässsystem die Folge jenes Druckes, welcher bei künstlicher Lungenaufblasung auf den Lungengefässen lastet. Durch die passende Verminderung dieses Luftdruckes, d. h. durch eine schonende und doch genügende Ventilation ist man natürlich im Stande, die Stauung im venösen Kreislauf bei der Herrichtung des apnoeischen Zustandes beträchtlich zu verringern.

Nach Beendigung der Tracheotomie wurde die arteria carotis dextra am Halse eine Strecke weit frei präparirt unter möglichster Schonung der nervi vagus und sympathicus und mit zwei untergeführten, wohl gewächsten

Digitized by Google

Seidenfäden so versehen, dass zwischen beiden Fäden ein etwa 1 cm langes Stück der Arterie eingeschaltet sich befand. Nach diesen Vorrichtungen wurden, um ein Austrocknen der im Grunde der Wunde gelegenen Organe zu verhindern, die Wundränder mit Wundhaken provisorisch geschlossen.

Um 5 Uhr 18′ war Alles zum Versuche vorbereitet und nun wurde dem unbetäubten Thiere einige Minuten Zeit gegeben zur Erholung von dem operativen Eingriff.

Serie I.

Nro. des Versuchs.	Zeit des Versuchs.	Dauer der Einblasungen in Secunden.	Zahl der Einblasungen.	Dauer d. Apnoe in Secunden	Zahl der Athemzüge in 30 Secund. direkt vor dem Beginn der Einblasungen abgezählt.	Zahl der Athemzüge in 30 Secund. direkt mit dem Wiederbeginn der Athmung nach der Apnoe abgezählt.
a	b	c	d	e	f	g
I	5 Uhr 25′	30	30	8	84	99
II	„ 30′	30	30	11	83	96
III	„ 34′	30	30	9	85	99
IV	„ 37′	30	15	$7^1/_2$	86	100
V	„ 41′	30	15	$7^1/_2$	80	94
VI	„ 44′	60	30	9	86	93
VII	„ 49′	60	30	$9^1/_2$	83	90
VIII	„ 54′	30	30	9	84	93
IX	„ 56′	30	30	11	83	92

Anmerk. zu Serie I. Beim Erwachen aus der Apnoe begann die Athmung wieder mit ganz kleinen, ungemein rasch einander folgenden Zwerchfellkontraktionen, welche allmählich in einen langsameren, tieferen Athmungsrhythmus übergingen; oder es traten ein oder zwei Zwerchfellkontraktionen auf, an welche sich erst nach $^1/_2$—2 Secunden dauernder Pause die beschriebenen, rasch einander folgenden Athemzüge anreihten. Die Zwerchfellkontraktionen wurden in diesem und allen folgenden Versuchen an dem Spiel der Bauchdecken erkannt.

Während der künstlichen Lüftung machte das Thier in der ersten Zeit zwischen zwei Einblasungen noch einige rasche, spontane Athemzüge. Je länger man diese willkürlichen Athembewegungen während der Ventilation beobachten konnte, desto kürzer fiel natürlich die Apnoe aus.

Gegen das Ende der künstlichen Lüftung fast eines jeden Versuchs und während der Apnoe traten mehr weniger energische Darmbewegungen auf, welche sich am Ende der Apnoe, beim Wiederbeginn der spontanen Athmung beruhigten. Diese Darmbewegungen scheinen mir abhängig von einer in den Darmvenen stattfindenden Blutstauung, welche als unangenehme Nebenwirkung der künstlichen Lungenventilation bekannt ist und sich auf das ganze venöse Gefässsystem erstreckt, wie bereits oben erwähnt wurde.

Um 6 Uhr 15′ wurde an der arteria carotis dextra der obere der beiden schon vorher angelegten Fäden zugeschnürt und dann das so unterbundene Blutgefäss, welches mit der zweiten noch offenen Fadenschlinge von seiner

Digitized by Google

Unterlage abgehoben wurde, bis zur Hälfte seines Kalibers unterhalb der Unterbindungsstelle angeschnitten. Liess man jetzt die untere, angezogene Fadenschlinge nach, so spritzte das Blut aus der grossen Arterienwunde. Als das blutende Thier anfing bedeutend rascher zu athmen und Krämpfe bekam, wurde durch erneutes Anziehen der unteren Fadenschlinge die Arterie komprimirt und gleichzeitig so von ihrer Unterlage abgehoben, dass die Gefässwunde mit einer serre fine zugeklemmt werden konnte, ohne die der Arterie benachbarten Nerven zu verletzen. Nachdem so die Blutung gestillt war, wurden sofort die früheren Versuche wieder aufgenommen:

Serie II.

a	b	c	d	e	f	g
X	6 Uhr 17′	30″	30	13½″	106	115
XI	„ 19½′	30″	15	11″	100	96
XII	„ 22′	30″	30	14″	100	107
XIII	„ 25½′	30″	15	8″	98	98
XIV	„ 30′	60″	30	7″	100	103
XV	„ 33′	60″	60	11″	93	105

Anmerk. zu Serie II. Die Darmbewegungen während der letzten Einblasungen und während der Apnoe sind viel weniger auffallend zu beobachten als unter denselben Verhältnissen vor dem Aderlass. Zuweilen (Nr. X und XIV) wurden während der Apnoe gar keine Darmbewegungen beobachtet. Wenn man mit mir das Auftreten dieser Darmbewegungen auf eine Stauung des Blutes in den Darmvenen zurückführt, dann wird man sehr leicht verstehen, wie nach dem Aderlass diese Stauung und mit ihr die Darmbewegungen schwer oder gar nicht zu Stande kommen können. Die künstliche Lungenventilation gestattet unter Umständen nur, dass in einer Zeiteinheit eine bestimmte Quantität Blut in die Lungengefässe eintritt; diese Quantität ist beim normalen Blutgehalte des Thieres kleiner als die Lebensvorgänge es beanspruchen; daher die Blutstauung in dem vor den Lungengefässen gelegenen venösen Kreislauf. Verringert sich nun der Gesammtblutgehalt des Thieres durch den Aderlass, dann wird die Differenz zwischen Blutaufnahme in den Lungen und Blutvorrath in den Venen für die Lungen kleiner und vielleicht gleich Null werden und somit kann dann die Stauung des Blutes im venösen Kreislauf unbedeutender sein oder ganz ausbleiben.

Um 6 Uhr 37½′ liess ich zum zweiten Male Blut aus der arteria carotis dextra des Thieres, indem ich die serre fine öffnete. Das Blut entleerte sich in schwachem, pulsirendem d. h. unterbrochenem Strahl und quoll schliesslich nunmehr pulsirend hervor. Als das Thier dyspnoeisch d. h. tiefer, angestrengter und langsamer zu athmen begann und Krämpfe sich einstellten, wurde die Arterie mit der serre fine geschlossen und sofort die Einblasungen wieder aufgenommen.

Serie III.

a	b	c	d	e	f	g
XVI	6 Uhr 38½′	60″	47	1½″	—	80
XVII	„ 41′	30″	15	1″	81	76
XVIII	„ 44′	30″	30	6½″	80	84
XIX	„ 46½′	30″	30	7″	76	80

Digitized by Google

Anmerk. zu Serie III. Ebenso wie in den Versuchen von Serie II sind die Darmbewegungen während der letzten Einblasungen und während der Apnoe viel weniger zu beobachten als in den Versuchen der Serie I. In Nr. XVII und XVIII waren während der Apnoe keine Darmbewegungen zu sehen.

Um 9 Uhr 49′ wurde die serre fine wiederum geöffnet und zum dritten Mal ergoss sich unter quillenden, leichten Pulsationen das Blut aus der carotis. Das Thier athmete immer dyspnoeischer und bekam heftige Krämpfe. Jetzt wurde wiederum die serre fine an die Arterienwunde applicirt.

Serie IV.

a	b	c	d	e	f	g
XX	6 Uhr 50½′	30″	30	3″	74	78
XXI	„ 52½′	60″	60	8″	72	70

Um 6 Uhr 56′ vierter Aderlass durch Oeffnen der serre fine. Schwach quoll das Blut aus dem Gefässe. Sehr bald traten heftige Krämpfe auf, worauf sofort die blutende Arterie geschlossen wurde.

Serie V.

a	b	c	d	e	f	g
XXII	6 Uhr 57′	30″	30	7″	—	70
XXIII	„ 58½′	60″	30	10″	54	62
XXIV	7 Uhr 2′	60″	30	—	—	—

Anmerk. zu Serie V. Nach Beendigung von Versuch XXII schien das Thier dem Tode nahe. Bei Berührung der Cornea mit dem Finger, kam der sogenannte Cornearefiex nur andeutungsweise zu Stande.

Bei Versuch XXIV traten während der Einblasungen heftige Krämpfe auf, welche über 40 Secunden dauerten. Nach denselben machte das Thier in grossen Intervallen noch dyspnoeische Athemzüge und starb um 7 Uhr 12′.

B.

Schwarz-weisses, weibliches gut genährtes Kaninchen auf dem Rücken liegend befestigt. Um 5 Uhr 7′ wurde die Operation der Tracheotomie begonnen; nach Beendigung derselben präparirte ich die arteria carotis dextra frei und armirte sie wie bei Versuch A mit zwei Seidenfäden.

Die bei dem vorigen Versuche vor dem Aderlass während den Einblasungen und während der Apnoe beobachteten Darmbewegungen scheinen mir ein unzweifelhaftes Zeichen, dass die künstliche Ventilation den venösen Kreislauf störend beeinflusste. Um diese Störung in etwa zu beseitigen setze ich (nach bekannter Methode) das auf dem Vivisektionsbrett befestigte Thier um 5 Uhr 35′ in ein Vollbad von 30°—29° R. Die Temperatur des Bades blieb bis zur Beendigung der Versuche konstant dieselbe. Das Wasser reichte dem Thier, dessen Kopf etwa 28 cm höher sich befand als die Fusszehen, vorne bis zur Magengrube, hinten bis über die Schulterhöhe. Die Zwerchfellbewegungen wurden wie beim vorigen Versuche an dem Spiel der Bauchdecken beobachtet.

Digitized by Google

Serie I.

No. des Versuchs.	Zeit des Versuchs.	Dauer der Einblasungen in Secunden.	Zahl der Einblasungen.	Dauer der Apnoe in Secunden.	Zahl der Athemzüge in 30 Sec. direkt vor dem Beginn der Einblasungen abgezählt.	Zahl der Athemzüge in 30 Sec. direkt mit dem Wiederbeginn der Athmung nach der Apnoe abgezählt.
a	b	c	d	e	f	g
I	5 Uhr 50′	30	30	5	101	97
II	„ 53′	30	30	9½	100	107
III	„ 55½′	60	60	7½	101	— [1]) Anm.
IV	„ 59′	60	60	9	97	92
V	6 Uhr 4′	60	30	11½	97	87
VI	„ 8½′	45	25	10½	82	—
VII	„ 14′	45	30	10	93	90
VIII	„ 17′	45	27	9½	—	91

Anmerk. zu Serie I. Im Allgemeinen schien das Bad eine sehr beruhigende Wirkung auf das Thier auszuüben. Der Athmungsmodus war leichter und ruhiger, als ich es unter sonst gleichen Versuchsbedingungen ohne Bad beobachtet habe.

Die Darmbewegungen während der Einblasungen und während der Apnoe traten nur vereinzelt auf; jedenfalls waren sie unvergleichlich viel schwächer als in anderen Versuchen ohne Bad.

1) Vers. III, g. Beim Wiederbeginn der Athmung nach der Apnoe machte das Thier 25 kleine Athemzüge; dann folgte noch ein Respirationsstillstand von 3″.

Um 6 Uhr 22′ wurde die arteria carotis dextra unterbunden und unter denselben Kautelen wie in Versuch A unterhalb der Unterbindungsstelle geöffnet. Als das blutende Thier heftige Krämpfe bekam wurde die Arterie sofort mit einer serre fine geschlossen und die Einblasungen wieder aufgenommen.

Serie II.

a	b	c	d	e	f	g
IX	6 Uhr 24′	30″	30	17½″	81	62
X	„ 27′	45″	29	17″	74	76
XI	„ 31′	60″	60	12″	79	61
XII	„ 35′	30″	30	10″	65	68
XIII	„ 39½′	30″	15	1″	61	—
XIV	„ 42′	30″	30	9″	42	54

Anmerk. zu Serie II. Nach dem Aderlass war der Athmungsmodus viel ruhiger und leichter als es sonst wohl beobachtet wurde bei denselben Versuchsbedingungen ohne Bad. Das Thier machte jetzt entschieden den Eindruck als ob es betäubt sei. Die geringe Abnahme in der Zahl der Athemzüge gegenüber der Steigerung der unter sonst gleichen Verhältnissen abgezählten Inspirationen in der entsprechenden Serie II des vorigen Versuches, möchte ich nicht auf den Blutverlust, sondern auf die betäubende Wirkung des Bades zurückgeführt wissen.

Digitized by Google

Man könnte freilich behaupten, in diesem Versuche sei gleich beim ersten Aderlass so viel Blut ausgeflossen, dass die Athembeschleunigung verdeckt und gleich die dyspnoeische Verlangsamung der Athembewegungen eingetreten sei, welche mit den entsprechenden Ergebnissen der Serie III und III, IV und V des Versuches A identisch ist. Aber erstens wurde nach meiner aufmerksamen Schätzung im Verhältniss nicht mehr Blut abgegeben als beim entsprechenden ersten Aderlass des vorigen Versuches und zweitens waren die langsamen Athembewegungen bei unserem Versuche B nicht dyspnoeisch wie dies bei der Athmungsverlangsamung in Serie III etc. des Versuches A beobachtet wurde; im Gegentheil machte es den Eindruck, als ob die Athemzüge leicht und ohne jede Anstrengung zu Stande kämen.

In dieser ganzen Versuchsreihe II traten ebenso wie bei I während der Einblasungen kein einziges Mal krampfhafte Bewegungen der Körpermusculatur auf, eine Erscheinung, welche bei Versuch A einige Mal beobachtet wurde und wie die oben beschriebenen Darmbewegungen auf eine Blutstauung im venösen Kreislauf zurückzuführen ist.

Besonders ausgesprochene Darmbewegungen während der Einblasungen und während der Apnoe kamen in dieser und der folgenden Versuchsserie nicht zur Beobachtung.

Um 6 Uhr 44½′ geschah der 2te Aderlass aus der arteria carotis durch Oeffnung der an die Gefässwunde gelegten serre fine. Das Blut entleerte sich noch kräftig aus dem Gefässe. Als das Thier Krämpfe bekam und dyspnoeisch athmete wurde die Arterienwunde zugeklemmt und die Einblasungen wieder begonnen.

Serie III.

a	b	c	d	e	f	g
XV	6 Uhr 45′	30″	30	0	44	—
XVI	„ 47′	45″	29	0	35	—

Anmerk. zu Serie III. Die Athemzüge sind zwar nach diesem Aderlass sehr viel langsamer und dyspnoeisch geworden, aber sie waren doch nicht so dyspnoeisch, wie ich es unter denselben Versuchsbedingungen ohne Bad beobachtet habe.

Während der letzten Einblasungen bekam das Thier Krämpfe, welche durch die fortgesetzte Ventilation nicht zu beseitigen waren. Dieselben hielten ebenso lange an, wie sie nach meiner Beobachtung auch sonst wohl ohne Einblasungen an einem durch enormen Blutverlust geschwächten Thiere dauerten.

Als das Thier immer dyspnoeischer athmete, wurde es um 7 Uhr erstickt durch Untertauchen in Wasser. Es starb unter heftigen Krämpfen.

C.

Weisses, männliches, starkes Kaninchen, auf dem Rücken liegend befestigt. Um 4 Uhr 55′ begann ich die Operation der Tracheotomie und nach Beendigung derselben legte ich unter möglichster Schonung der nervi vagus und sympathicus die arteria carotis dextra frei und armirte dieselbe wie

Digitized by Google

in den vorigen Versuchen mit zwei Seidenfäden. Um 5 Uhr 10′ war Alles zum Versuche vorbereitet.

Serie I.

No. des Versuchs.	Zeit des Versuchs.	Dauer der Einblasungen in Secunden.	Zahl der Einblasungen.	Dauer der Apnoe in Secunden.	Zahl der Athemzüge in 30 Sec. unmittelbar vor dem Beginn der Einblasungen abgezählt.	Zahl der Athemzüge in 30 Sec. unmittelbar nach der Apnoe mit dem Wiederbeginn der Athmung abgezählt.
a	b	c	d	e	f	g
I	5 Uhr 16′	60	43	11	—[1]) Anm.	—
II	„ 17½′	60	42	8	—	—
III	„ 20′	60	43	10	45	46
IV	„ 23′	45	34	9	42	47
V	„ 25½′	45	34	12	39	47
VI	„ 30′	120	89	12½	44	41
VII	„ 36′	120	80	15	34	50

Anmerk. zu Serie I. Die bei diesen Versuchen beobachteten Erscheinungen sind identisch mit denjenigen, welche ich genauer bei Versuch A Serie I beschrieben habe.

1) Vers. I, f. Um 4 Uhr 55′, nachdem das Thier aufgebunden worden war, zählte ich 71 Athemzüge in 30″ und um 5 Uhr 11′ deren 61 in 30″.

Um 5 Uhr 44⅓′ wurde unter den gewöhnlichen Kautelen die rechte arteria carotis angeschnitten und in raschem Erguss entleerte sich das Blut aus dem Gefässe. Als die Athembewegungen des Thieres unruhiger wurden und allgemeine Convulsionen begannen, unterband ich das Gefäss mit dem zweiten, vorher untergeführten Faden.

Serie II.

a	b	c	d	e	f	g
VIII	5 Uhr 46′	60″	46	30″	—	—
IX	„ 50′	60″	50	14″	53	62
X	„ 54½′	60″	44	7″	—	—
XI	6 Uhr 2′	60″	43	0″	45	—
XII	„ 5′	60″	40	10″	44	—
XIII	„ 9′	60″	41	0″	40	—
XIV	„ 11′	45″	29	0″	39	—
XV	„ 14′	30″	20	0″	37	—
XVI	„ 16′	165″	90	14″	—	—

Anmerk. zu Serie II. Durch den Aderlass war das Thier entschieden dyspnoeischer geworden: die Athemzüge folgten sich einander rascher und die Inspirationen waren energischer und tiefer.

In vielen Versuchen dieser Serie war die künstliche Ventilation nicht im Stande eine Apnoe zu bedingen. Wohl aber liess sich dann leicht und deutlich konstatiren, dass unmittelbar nach den Einblasungen für 10—15 Secunden lang der Athmungsmodus viel weniger dyspnoeisch war als vor der künstlichen Respiration; erst allmählich stellte sich die frühere dyspnoeische Athmung wieder ein.

Digitized by Google

Um 6 Uhr 20′ schnitt ich das unterbundene, centrale Ende der carotis dextra noch einmal an. Das Blut entleerte sich wenig energisch aus dieser neuen Arterienwunde. Das Thier wurde sehr unruhig und bekam heftige Krämpfe. Dieselben wurden nach Zuklemmung des Gefässes durch Einleitung der künstlichen Respiration anscheinend nicht verringert oder abgekürzt. Das Thier starb, indem schliesslich in langen (10 Secunden dauernden) Intervallen noch einzelne dyspnoeische Athemzüge erfolgten.

D.

Grauweisses, weibliches, starkes Kaninchen, auf dem Rücken liegend befestigt. Um 5 Uhr 6′ begann ich die Operation der Tracheotomie. Nach Beendigung derselben legte ich die arteria carotis dextra bloss und führte unter derselben, wie in den vorigen Versuchen, 2 Seidenfäden her, unter möglichster Schonung der nervi vagus und sympathicus. Um 5 Uhr 17′ war Alles zum Versuch vorbereitet.

Serie I.

No. des Versuchs.	Zeit des Versuchs.	Dauer der Einblasungen in Secunden.	Zahl der Einblasungen.	Dauer der Apnoe in Secunden.	Zahl der Athemzüge in 30 Sec. unmittelbar vor dem Beginn der Einblasungen abgezählt.	Zahl der Athemzüge in 30 Sec. unmittelbar nach der Apnoe mit dem Wiederbeginn der Athmung abgezählt.
a	b	c	d	e	f	g
I	5 Uhr 23′	45	24	8	59	68
II	„ 31′	45	25	4	55	62
III	„ 37½′	45	25	4	55	60
IV	„ 43′	45	24	5	55	70
V	„ 48′	45	24	5	60	70
VI	„ 54′	90	47	10	56	68
VII	6 Uhr —	90	49	10	56	73

Anmerk. zu Serie I. Die bei dieser Versuchsserie auftretenden Erscheinungen unterscheiden sich nicht von denen, welche ich bei Versuch A beschrieben habe.

Um 6 Uhr 9′ unterband ich die arteria carotis mit dem oberen der beiden untergelegten Fäden und schnitt das Gefäss unterhalb der Unterbindungsstelle an. Das Blut entleerte sich in starkem Strahl aus der Arterienwunde. Als das Thier rascher athmete und Zuckungen bekam, wurde das Gefäss mittelst einer serre fine geschlossen und sofort mit den Einblasungen wieder begonnen.

Serie II.

a	b	c	d	e	f	g
VIII	6 Uhr 10½′	45″	24	2″	73	74
IX	„ 12½′	45″	24	5″	74	77
X	„ 14′	45″	23	0″	77	79
XI	„ 20′	90″	44	1″	81	77

Um 6 Uhr 24′ wurde die serre fine wieder geöffnet und abermals Blut

Digitized by Google

aus der arteria carotis gelassen. Dasselbe entleerte sich trotz der grossen Arterienwunde nur in pulsirendem Strahl. Als das Thier tiefere, dyspnoeischere Athemzüge machte und Zuckungen sich einstellten, unterband ich mit dem zweiten untergelegten Faden das Gefäss und liess sofort künstliche Respiration einleiten.

Serie III.

a	b	c	d	e	f	g
XII	6 Uhr 26′	45″	26	1½″	—	80
XIII	„ 28′	60″	44	14″	—	66
XIV	„ 31′	45″	23	0″	73	—
XV	„ 34′	60″	42	11″	—	66
XVI	„ 39′	60″	42	8″	63	62
XVII	„ 43′	60″	27	0″	66	—
XVIII	„ 45′	60″	34	0″	64	64

Anmerk. zu Serie III. Die Athemzüge sind tiefer und dyspnoeischer geworden. Auch die an die Apnoe unmittelbar sich anreihenden Inspirationen sind nicht bei allen Versuchen dieser Serie, wie früher beschrieben wurde, klein, kurz und rasch einander folgend, sondern sie sind im Gegentheil weiter auseinander gerückt, setzen tief ein und halten sich verhältnissmässig länger auf dieser Tiefe; erst einige Secunden nach der Apnoe folgen sich die Athemzüge wieder etwas rascher indem die Inspirationen etwas flacher werden.

Um 6 Uhr 47′ wurde die carotis dextra unterhalb der letzten Unterbindungsstelle nochmals geöffnet. Das Blut entleerte sich unter schwach pulsirendem Strahl. Als das Thier dem Verblutungstode nahe war und jeder Cornearefiex ausblieb, wurde die Arterie mittelst einer serre fine zugeklemmt und von Neuem mit den Einblasungen begonnen.

Serie IV.

a	b	c	d	e	f	g
XIX	6 Uhr 48′	60″	50	0″	67	69
XX	„ 52′	45″	33	0″	—	63
XXI	„ 54′	45″	25	0″	48	46
XXII	„ 56′	60″	60	0″	—	—

Um 6 Uhr 59′ wurde die serre fine nochmals geöffnet. Es entleerte sich wenig Blut aus dem Gefäss in quillenden Pulsationen. Das Thier bekam sehr bald heftige Krämpfe. Dieselben waren nach Verschliessung des blutenden Gefässes mittels einer serre fine durch künstliche Respiration nicht zu beseitigen. Es sind Verblutungskrämpfe, unter denen das Thier um 7 Uhr 1 Minute starb.

E.

Weisses, starkes, weibliches Kaninchen. Die Versuchsbedingungen waren dieselben wie bei den vorigen Versuchen. Um 4 Uhr 22′ war Alles zum Versuche vorbereitet.

Digitized by Google

Serie I.

Nr. des Versuchs.	Zeit des Versuchs.	Dauer der Einblasungen in Secunden.	Zahl der Einblasungen.	Dauer der Apnoe in Secunden.	Zahl der Athemzüge in 30 Sec. direkt vor dem Beginn der Einblasungen abgezählt.	Zahl der Athemzüge in 30 Sec. direkt mit dem Wiederbeginn der Athmung nach der Apnoe abgezählt.
a	b	c	d	e	f	g
I	4 Uhr 37′	45	30	5	50	—
II	„ 42′	45	33	6	42	45
III	„ 46½′	45	31	7	45	43
IV	„ 51½′	120	79	8	41	49
V	„ 58′	120	70	9	39	49

Anmerk. zu Serie I. Wie schon bei den früheren Versuchen bemerkt wurde, waren die ersten 5 bis 8 Athemzüge direkt nach der Apnoe sehr klein, oberflächlich und folgten sich rasch aufeinander; mit der Zeit wurden die einzelnen Inspirationen immer tiefer bis wieder der Athmungsrhythmus erreicht war, wie er vor der künstlichen Lungenlüftung bestand. Im Ganzen erschien die Athmung in den ersten 10—35″ nach der Apnoe sehr viel leichter und weniger tief von Statten zu gehen als vor der Apnoe.

Um 5 Uhr 5′ wurde die carotis dextra unterbunden und unterhalb der Unterbindungsstelle geöffnet. Das Blut entleerte sich in starkem Strahl. Als das Thier Krämpfe bekam wurde die Gefässwunde geschlossen und wieder mit den Einblasungen begonnen.

Serie II.

a	b	c	d	e	f	g
VI	5 Uhr 9′	45″	31	14″	50	53
VII	„ 14½′	45″	30	15″	48	57

Anmerk. zu Serie II. Die Athemzüge folgten einander rascher, die einzelnen Inspirationen waren tiefer als vor dem Aderlass. Nach dem Ergebniss früherer Versuche hatte es den Anschein, als ob in der ersten Zeit nach dem Aderlass die Apnoe bei gleicher Zahl und Stärke der Einblasungen leichter zu Stande komme und länger dauere als vor der Blutentziehung. Da aber diese Erleichterung in der Herrichtung des apnoeischen Zustandes rasch vorüber ging und sogar später in das Gegentheil umschlug, indem bei gleichen Versuchsbedingungen die Apnoe kürzer dauerte, so suchte ich bei diesem Thiere durch einen 2ten dem 1ten sehr bald folgenden, kleinen Aderlass, die erleichternde Wirkung der 1ten Blutentziehung auf das Zustandekommen der Apnoe zu fixiren.

Um 5 Uhr 20′ wurde die carotis dextra durch Oeffnen der serre fine zum zweiten Male angezapft. Als das Thier heftige Krämpfe bekam wurde das Gefäss geschlossen und sofort mit der Lungenventilation wieder begonnen.

Digitized by Google

Serie III.

a	b	c	d	e	f	g
VIII	5 Uhr 22′	45″	33	15″	57	60
IX	„ 27′	45″	32	14″	55	59
X	„ 31½′	45″	32	6½″	52	67
XI	„ 36½′	45″	30	1″	49	59

Anmerk. zu Serie III. Um 5 Uhr 41′ traten während der Einblasungen so heftige Convulsionen auf, dass der bereits begonnene Versuch XII abgebrochen werden musste. Die selbständige Athmung des Thieres wurde immer dyspnoeischer; die einzelnen Zwerchfellkontraktionen waren sehr energisch und hielten sich verhältnissmässig lange auf ihrer Tiefe. Um 5 Uhr 40′ zählte ich 47 Athemzüge in 30″, um 5 Uhr 45′ nur mehr 32 Athemzüge in 30″. Die um 5 Uhr 41′ auftretenden Krämpfe waren durch künstliche Respiration nicht zu beschwichtigen, wie denn überhaupt in meinen Versuchen es mir nicht gelang Verblutungskrämpfe durch Lungenventilation evident in ihrer Intensität zu beeinflussen oder gar zum Verschwinden zu bringen.

Um 5 Uhr 48′ starb das Thier unter ganz vereinzelt auftretenden dyspnoeischen Athemzügen.

F.

Schwarz-weisses, weibliches Kaninchen mit gut entwickeltem Fettpolster. Körpergewicht = 1490 grm. Um 6 Uhr spritze ich dem Thiere 0,045 Morphium mur. unter die Rückenhaut. Wie in den vorigen Versuchen wurde an dem auf dem Vivisektionsbrett befestigten Thiere die Tracheotomie gemacht und die arteria carotis dextra unter möglichster Schonung der nervi vagus und sympathicus frei präparirt. Um 6 Uhr 32′ war Alles zum Versuche vorbereitet.

Serie I.

Nr. des Versuchs.	Zeit des Versuchs.	Dauer der Einblasungen in Secunden.	Zahl der Einblasungen.	Dauer der Apnoe in Secunden.	Zahl der Athemzüge in 30 Sec.	
					unmittelbar vor dem Beginn der Einblasungen abgezählt.	unmittelbar nach der Apnoe mit dem Wiederbeginn der Athmung abgezählt.
a	b	c	d	e	f	g
I	6 Uhr 35′	45	28	24	11	13
II	„ 39′	45	29	22	11	9
III	„ 42½′	30	30	22	12	13
IV	„ 45′	45	45	28	13	13

Anmerk. zu Serie I. Das Thier bot die gewöhnlichen Erscheinungen der Morphiumnarkose. Die Athmung war sehr verlangsamt. Die Apnoe dauerte unter sonst gleichen Versuchsbedingungen ungemein viel länger als beim nicht narkotisirten Thiere.

Um 6 Uhr 51′ wurde die carotis dextra unterbunden und unterhalb der Unterbindungsstelle das Gefäss geöffnet.

Digitized by Google

Bei diesem Versuche wurde das aus der angeschnittenen Carotis sich ergiessende Blut bei jedem Aderlass sorgfältig aufgefangen und nachher gewogen. Bei der Bestimmung, wann der Aderlass beendet werden sollte, leitete mich niemals weder bei diesem noch auch bei den anderen Versuchen die Quantität des ausgeflossenen Blutes. Allein das Verhalten des Thieres und zwar, wie ich dies immer ausdrücklich angegeben habe, die Art der Athmung und das Auftreten von Krampferscheinungen in der Körpermuskulatur, diente mir als Zeichen zur Unterbrechung des Aderlasses.

Als das Thier leichte Zuckungen bekam wurde die Arterienwunde mit einer serre fine geschlossen und mit den Einblasungen begonnen.

Serie II.

a	b	c	d	e	f	g	Menge des Gesammtblutes $^1/_{18}$ des Körpergewichts in Grm. h	Körpergewicht in Grm. i	Blutverlust in Grm. k
V	6 Uhr 53′	30″	30	29″	11	16	82	1490	25
VI	„ 58′	30″	30	30″	18	30			

Ebenso wie beim vorigen Versuch wurde, um die erleichternde Wirkung des 1ten Aderlasses auf das Zustandekommen der Apnoe zu fixiren, um 7 Uhr 1′ die carotis zum zweiten Male geöffnet. Als das Thier anfing rascher zu athmen und leichte Zuckungen bekam, wurde sofort das Gefäss wieder geschlossen und der Versuch fortgesetzt.

Serie III.

a	b	c	d	e	f	g	h	i	k
VII	7 Uhr 2′	30″	30	34″	42	54			
VIII	„ 5′	30″	30	$19^1/_2$″	45	66	82	1490	5,50
IX	„ 9′	30″	30	15″	47	62			+25
X	„ $12^1/_2$′	30″	30	$15^1/_2$″	45	57			30,50

Anmerk. zu Serie III. Die Athemzüge sind rascher geworden aber jede einzelne Inspiration ist tiefer und angestrengter als vor dem 1ten Aderlass.

Um 7 Uhr $15^1/_2$′ wurde die carotis zum dritten Male geöffnet. Das Blut entleerte sich noch ziemlich kräftig aus dem Gefässe. Als die Athmung des Thieres dyspnoeischer wurde und allgemeine Zuckungen sich einstellten, wurde die Blutung durch Anlegung einer serre fine gestillt und sofort künstliche Respiration eingeleitet.

Serie IV.

a	b	c	d	e	f	g	h	i	k
XI	7 Uhr 16′	30″	30	17″	48	56	82	1490	8
XII	„ $18^1/_2$′	30″	30	17″	44	54			30,50
XIII	„ 22′	30″	30	14″	42	50			38,50

Digitized by Google

Um 7 Uhr 24′ Schluss des Versuchs. Um 7 Uhr 27½′ bekam das Thier einen 35″ dauernden Krampfanfall. Um 7 Uhr 32½′ zählte ich 25 dyspnoeische Athemzüge in 30″. Um 7 Uhr 36′ öffnete ich die arteria carotis dextra zum 4ten Male. Es entleerte sich aus ihr unter quillenden Pulsationen das Blut. Das Thier bekam Verblutungskrämpfe und starb unter ganz vereinzelt auftretenden dyspnoeischen Athemzügen.

G.

Schwarzes, weibliches, mittelstarkes Kaninchen.

Um 4 Uhr 26′ machte ich an dem auf's Vivisektionsbrett befestigten Thiere die Tracheotomie zur Einleitung künstlicher Respiration. Nach Application des ganzen hierzu nothwendigen Apparates zählte ich um 4 Uhr 41′ 35 bis 40 Athemzüge in 30″.

Serie I.

Nr. des Versuchs.	Zeit des Versuchs.	Dauer der Einblasungen in Secunden.	Zahl der Einblasungen.	Dauer der Apnoe in Secunden.	Zahl der Athemzüge in 30 Sec. unmittelbar vor Beginn der Einblasungen abgezählt.	Zahl der Athemzüge in 30 Sec. unmittelbar nach der Apnoe mit dem Wiederbeginn der Athmung abgezählt.
a	b	c	d	e	f	g
I	4 Uhr 42′	60	77	10		
II	„ 44′	90	75	13		
III	„ 46′	120	100	17		
IV	„ 49′	150	117	15		
V	„ 54′	150	118	12		

Um 5 Uhr 1′ machte ich dem Thier eine subcutane Morphiuminjection in die Brusthaut (von Morph. mur. 0,05). Um 5 Uhr 21′ legte ich unter möglichster Schonung der nervi vagus und sympathicus die arteria carotis dextra frei und armirte dieselbe wie in den vorigen Versuchen mit zwei Seidenfäden.

Serie II.

a	b	c	d	e	f	g
VI	5 Uhr 23′	150″	100	35″	12	12½
VII	„ 30′	150″	107	40″	11	11
VIII	„ 39′	150″	111	41″	9½	10
IX	„ 45′	20″	13	18″	8½	9½
X	„ 49′	20″	15	19″	8	9
XI	„ 53′	40″	31	26″	8	12
XIII	„ 57′	40″	31	25″	8	8

Um 6 Uhr 3′ wurde aus der vorher präparirten arteria carotis Blut in kräftigem Strahl abgelassen, bis das Gefäss nunmehr unter pulsirendem Quillen, nicht mehr in spritzendem Strahl sich seines Inhaltes entledigte und das Thier Zuckungen bekam. Jetzt wurde die angeschnittene carotis unterbunden und sofort künstliche Respiration eingeleitet.

Digitized by Google

Serie III.

a	b	c	d	e	f	g
XIII	6 Uhr 4½′	40″	31	150″	—	—[1]) Anm.
XIV	„ 10′	40″	31	115″	18	11[2]) Anm.

Anmerk. zu Serie III: 1) Vers. XIII, g. Die Apnoe wurde unterbrochen durch heftige Krämpfe, welche viele Secunden anhielten.

2) Vers. XIV, g. Nach Versuch XIV traten um 6 Uhr 11′ heftige allgemeine Convulsionen auf, welche durch die vorsichtig eingeleitete künstliche Lungenventilation nicht beseitigt werden konnten. Um 6 Uhr 17′ konstatirte ich den Tod des Thieres. Derselbe war erfolgt unter ganz vereinzelt auftretenden dyspnoeischen Athemzügen.

Das Ergebniss meiner obigen Versuche wird in folgender Weise zu präcisiren sein: Wenn man einem Kaninchen eine Blutentziehung macht, die so bedeutend ist, dass das Thier Krämpfe bekommt und das zum zweiten Male geöffnete Gefäss nicht mehr spritzt, dass ferner in Folge des grossen Blutverlustes die Athembewegungen eklatant beschleunigt und dyspnoeisch geworden sind, dann vermag die sofort nach Ausbruch der Krämpfe eingeleitete künstliche Lungenventilation meistens eine verhältnissmässig viel länger dauernde Apnoe zu erzielen bei gleichbleibender Zahl, Stärke und Dauer der Einblasungen, als dies vor dem Aderlass möglich war. Diese Erscheinung der leichteren Herstellbarkeit der Apnoe an einem durch Blutverlust geschwächten Thiere dauert aber nicht lange.

Einige (höchstens 10) Minuten nach dem Aderlass ist im Gegentheil entweder das Umgekehrte zu beobachten, nämlich dass unter denselben Bedingungen die Apnoe schwerer, vielleicht gar nicht herzurichten ist, oder dieselbe dauert wenigstens nicht länger als vor dem Aderlass. Die Erleichterung im Zustandekommen der Apnoe nach einem grossen Blutverlust ist, wie gesagt, nicht ausnahmslos bei jedem Versuchsthier zu konstatiren. Bei Versuch D. z. B. fällt die Apnoedauer nach dem Aderlass direkt sehr viel kürzer aus als vor demselben, trotzdem der Blutverlust nach meiner Schätzung nicht grösser war, als er sonst wohl genügte, um die längere Apnoe nach dem Aderlass hervorzubringen. Die Beschleunigung der Athemzüge, wie dieselbe bei Versuch D. Serie II notirt ist, spricht entschieden für die Richtigkeit meiner Schätzung. Wäre zu viel Blut beim ersten Aderlass in dem betreffenden Ver-

Digitized by Google

suche abgelassen worden und läge hierin allein die Schuld für die sofortige Beeinträchtigung der Apnoe nach dem Blutverlust dann hätte wenigstens der bekannte langsamere, dyspnoeische Athmungsmodus Platz greifen müssen, wie ich denselben in den meisten meiner Versuche (bei Serie III, IV etc.) nach dem 2ten, 3ten etc. Aderlass beschrieben habe.

Einen so grossen Unterschied zwischen Apnoedauer vor und nach dem Aderlass, wie Rosenbach denselben in der oben abgedruckten Tabelle angibt, konnte ich in meinen Versuchen nicht konstatiren. Ein einziges Mal, bei einem mit Morphium tief betäubten Thiere, an welchem verhältnissmässig lange die künstliche Respiration ausgeübt worden war, beobachtete ich nach einem bedeutenden Aderlass eine Apnoe, welche etwa sechs Mal länger dauerte, als ich dieselbe unter gleichen Bedingungen vor dem Aderlass herrichten konnte. (cf. Versuch G.) Aber in diesem Versuche war die Morphiumwirkung so tiefgehend und die Blutentziehung so gross, dass schon unmittelbar nach dem Ablauf der ersten künstlich hergestellten Apnoe Krämpfe auftraten, die nach 5 Minuten (7 Minuten nach dem Aderlass) in der heftigsten Weise sich wiederholten und eben Verblutungskrämpfe waren, an welche sich der Tod des Thieres sofort anreihte. Derselbe war bedingt durch die vereinigte Wirkung des Morphium und des Aderlasses. Die Ganglienzellen des noeud vital hatten in diesem Falle die ihnen im Organismus zuerkannte Rolle, über den Sauerstoffvorrath der Organe zu wachen, in eklatanter Weise vernachlässigt. Denn trotzdem die Noth nach sauerstoffreichem Blute bei dem grössten Theil der übrigen Nervensubstanz so hoch war, dass unmittelbar an die Apnoe die heftigsten Krämpfe sich anreihten, waren die Zellen des Athemcentrums dennoch nur unzeitig, zu spät in Erregung gekommen, um für neue Sauerstoffzufuhr zu sorgen. Der Grund dieser Verspätung ist allein darin zu suchen, weil die Lebensenergie, die fortdauernde normale Stoffzersetzung in den Ganglienzellen des noeud vital durch Morphiumwirkung und Aderlass zusammen immens vermindert worden war.

Bekanntlich lähmt, respektive beeinträchtigt das in den Körper eingeführte Morphium nicht alle Nervensubstanz gleichzeitig in gleicher Stärke, sondern die Wirkung des Alkaloids verbreitet sich gradatim fortschreitend über die graue Substanz des Gehirns, der medulla oblongata und vorab des Athemcentrums und erst zu-

Digitized by Google

letzt über die übrige Substanz des Rückenmarks. Die Zellen des noeud vital sind daher schon in ihrer normalen Thätigkeitsäusserung beeinträchtigt, wenn das übrige Rückenmark noch mehr weniger intakte Erregbarkeit besitzt. Man ist daher berechtigt anzunehmen, in unserem Falle seien die Ganglienzellen des noeud vital schon so torpid geworden, dass der Sauerstoffmangel bei ihnen nicht mehr, wie es normaliter sein sollte, früher als bei der übrigen Nervensubstanz der medulla den Reizzustand bedingte; hierin grade liegt dann auch ferner der Grund, warum in dem angeführten Versuche die heftigen Krämpfe der ganzen Körpermuskulatur sich so unmittelbar an die Ruhe der Ganglienzellen des Athemcentrums anreihen konnten. Dieser Torpor der Ganglienzellen des noeud vital wurde hervorgerufen durch die giftige Wirkung des Morphiums und ferner durch die plötzliche Entziehung des Blutes, des sauerstoffhaltigen Nährmaterials.

Es gibt kein Gewebe, welches so abhängig vom momentanen Blutgehalt ist, als die graue Substanz des Centralnervensystem's. Ein in voller Thätigkeit befindliches Gehirn sistirt sofort in der normalen Arbeitsleistung, wenn sich die zu ihm führende Blutmenge auf irgend eine Weise eklatant vermindert. Ein jeder kennt diesen Vorgang unter dem Namen der Ohnmacht. Dieses Einstellen der normalen Thätigkeit ist wohl allein darauf zurückzuführen, dass mit der plötzlichen Stockung in der Zufuhr des Nährmaterials auch plötzlich der normale Stoffumsatz in den Ganglienzellen der grauen Hirnsubstanz aufhört. Die Zellen dieser Substanz sind in Bezug auf Lebensäusserung und Lebensexistenz ungemein abhängig von der momentanen Zufuhr des sauerstoffhaltigen Blutes. Für sie reicht der in dem Gewebe angehäufte Vorrath an Nährmaterial nicht ein Mal kurze Zeit aus, um durch und mit ihm ohne neue Blutzufuhr weiter zu funktioniren. Sie bedürfen bei ihrem überaus lebhaften Stoffwechsel jeden Augenblick des Blutes, um von diesem Material zu beziehen zur Abwicklung der Oxydationsprocesse, welche ihr Leben ausmachen. Damit bei dem besprochenen Vorgange der plötzlichen Ableitung des Blutes vom Gehirn, die Integrität jener Ganglienzellen bewahrt werde, darf die Blutentziehung ein gewisses Maass nicht überschreiten oder der gänzliche Blutabschluss nicht lange dauern; sonst werden sich, um mit Pflüger[1]) zu sprechen,

1) Pfl. Arch. XV, 97.

Digitized by Google

bei dem so energischen Stoffwechsel der Ganglienzellen, die für den Sauerstoff bestimmt gewesenen Affinitäten anderweitig befriedigen — die Moleküle werden sich schliessen und die Ohnmacht sich in den Tod der Ganglienzellen verwandeln. Die Nervenzellen des Athemcentrums besitzen eine weit grössere Unabhängigkeit von den Schwankungen der sie ernährenden Blutzufuhr, als wie z. B. die graue Substanz des Gehirns. Daher kommt es, dass bei einer Blutentziehung, welche die Ohnmacht des Gehirns zur Folge hat, die Thätigkeit des noeud vital noch fortdauert. Leider hält es ungemein schwer die Unterscheidung zu treffen, ob das nervöse Athemcentrum in Folge von Blutentziehung sich noch in dem Zustande der gesteigerten Erregbarkeit befindet, welcher unter den besprochenen Verhältnissen bekanntlich dem Zustande der verminderten Erregbarkeit vorausgeht, oder ob bereits letzterer in den Zellen der medulla oblongata Platz gegriffen hat. Denn selbst bei verminderter Erregbarkeit kann der durch die Blutentziehung bedingte Mangel an Sauerstoff und anderem Nährmaterial so gross sein, dass trotzdem eine gesteigerte Thätigkeitsäusserung d. h. Reizung des Athemcentrums die Folge ist, bekanntlich der einzige Vorgang, welcher uns über den Erregbarkeitszustand des noeud vital berichtet. Wenn man aber den Erscheinungen in der Thätigkeitsäusserung der übrigen grauen Substanz der nervösen Centralorgane Rechnung trägt, dann wird man auch für das Athemcentrum bei einem ganz akuten, grossen Blutverlust folgenden Gang der Erregbarkeitsverhältnisse acceptiren: Nach einem ungemein rasch vorübergehendem, nur Secunden dauerndem Stadium gesteigerter Erregbarkeit wird eine mehrere Minuten und länger (je nach der Grösse des Blutverlustes) dauernde Ohnmacht d. h. gesunkene Lebensenergie der centralen Athemzellen folgen. Gestattet es die Grösse des Blutverlustes, dass das Versuchsthier, wie gewöhnlich der Fall ist, aus seiner Ohnmacht zum Leben zurückkehrt, dann wird mit dem Steigen des Sauerstoffbedürfnisses zur normalen und selbst anormalen Höhe, die Thätigkeitsäusserung der betreffenden Zellen in Folge ihrer Abhängigkeit von dem geringen vorhandenen Sauerstoffquantum natürlich gross sein. Diese Thätigkeitsäusserung d. h. der Reizzustand beruht aber bei grossem, lebensgefährlichem Blutverluste, nicht allein auf dem Bestreben der Moleküle sich mit Sauerstoff zu vereinigen d. h. weiter zu leben, sondern ist auch auf die

Digitized by Google

Befriedigung anderer Affinitäten zurückzuführen, welche den Tod der Zellen ausmacht. Auf Grund dieser Auseinandersetzungen müssen wir annehmen, dass ein grosser Blutverlust den überaus lebhaften normalen Stoffwechsel im Athemcentrum für eine gewisse kurze Zeit lang um einen mehr weniger bedeutenden Grad vermindert, ebenso wie es in stärkerem Maasse auch bei der grauen Substanz des Gehirns geschieht. Trotz dieser Verminderung in der Lebensenergie d. h. der normalen Substanzzersetzung der Ganglienzellen, ist der durch den Aderlass bedingte Blut- resp. Sauerstoffmangel so gross, dass wie ich bereits oben geschildert habe, dennoch eine intensivere Reizung des Athemcentrums, eine Beschleunigung der Athemzüge stattfindet. Wir nennen diesen Zustand des verminderten normalen Stoffumsatzes im Athemcentrum ebenfalls die Ohnmacht desselben.

Ich bin mir wohl bewusst, dass meine Behauptung, durch einen grossen Blutverlust werde der Stoffwechsel der grauen Substanz des nervösen Centralapparates herabgesetzt, anscheinend nicht im Einklange steht mit dem von Pflüger und seinen Schülern bewiesenen Satze, dass ein bedeutender, bis zu $^1/_3$ der ganzen Blutmasse reichender Aderlass keine Verminderung des Sauerstoffsverbrauchs wenigstens im Laufe der ersten Stunden nach sich zieht. Zur Erklärung meiner Versuchsresultate über die Dauer und die Herstellbarkeit des apnoeischen Zustandes in den ersten Minuten nach einem grossen und raschen Aderlass, welcher in den meisten Fällen $^1/_3$ des Gesammtblutes überstieg, wurde ich indessen zu der Annahme gedrängt, dass ein bedeutender Aderlass mitunter einen Ohnmachtsanfall des Thieres hervorrufen kann und dass während dieses Zustandes eine Verminderung des normalen Sauerstoffkonsums stattfindet. Vielleicht ist es am Platze diese durch Blutverlust bedingte Ohnmacht auf dieselben Ursachen wie Schlaf und Scheintodt zurückzuführen und nach der entsprechenden Pflüger'schen Theorie[1]) anzunehmen, in Folge der Blutentziehung werde der intramolekulare Sauerstoff der grauen Substanz des Gehirns etc. der Art aufgezehrt, dass die Erregbarkeit der betreffenden Nervensubstanz unter ein bestimmtes Maass sinkt. Während dieses Zustandes nimmt dann der Arbeitsverbrauch im Nervensystem und abhängig hiervon auch in allen

1) Pfl. Archiv X, p. 468.

Digitized by Google

denjenigen Organen ab, welche unter der Herrschaft des Nervensystems stehen. Ist aber der Arbeitsverbrauch d. h. der Sauerstoffkonsum gering und leite ich unter diesen Verhältnissen künstliche Lungenventilation ein, so folgen für das Zustandekommen der Apnoe die günstigsten Bedingungen, die möglich sind. Zunächst ist das Sauerstoffbedürfniss des Organismus durch die in Folge eines bedeutenden Aderlasses eintretende momentane Verminderung der Lebensenergie so vieler lebhaft konsumirender Organe verkleinert. Denn wie gesagt nicht allein die graue Substanz des ganzen nervösen Centralorgans, sondern fast alle, von derselben abhängige Gewebe des Körpers scheinen durch den plötzlichen grossen Blutverlust in Bezug auf vitale Energie in eine Art kurz dauernder Ohnmacht gefallen. Der Sauerstoffkonsum ist in allen diesen Organen durch die verminderte Thätigkeit der Zellen herabgesetzt worden und ebenso die Produktion von Stoffen, welche gewöhnlich als die sogenannten leicht oxydablen, reducirenden Substanzen geschildert werden. Beginnt nun die künstliche Lungenventilation, dann werden bei dem geringeren Sauerstoffbedürfniss der Zellen das noch vorhandene Blut und die Gewebe sehr bald mit Sauerstoff gesättigt werden d. h. es wird sich sehr rasch im Blut und den Geweben ein Sauerstoffvorrath ansammeln können, welcher bei dem herabgesetzten Sauerstoffkonsum so vieler Gewebe und auch der Ganglienzellen des Athemcentrums länger vorhalten wird, als dies vor der Blutentziehung möglich war. So erklärt sich die längere Dauer des apnoeischen Zustandes unmittelbar nach dem Aderlass, aus der durch den bedeutenden Blutverlust bedingten momentanen Verminderung des Sauerstoffbedürfnisses des Organismus und auch speciell, laut unseren obigen Deduktionen, durch die momentane Produktionsverminderung der athemerregenden Substanz in den Ganglienzellen des noeud vital.

Aber nicht bei jedem Thiere gelingt es durch den Aderlass jene kurz dauernde Ohnmacht resp. jene Verminderung des Sauerstoffkonsums in der bestimmten Stärke und Dauer hervorzubringen, welche erforderlich ist, um ihre Existens mittelst des Apnoeversuches nachzuweisen.

Ferner geht, wie schon gesagt, die beschriebene, durch den grossen Blutverlust gesetzte Ohnmacht sehr bald vorüber. Alle Organe und vorab das Athemcentrum erholen sich verhältnissmässig

Digitized by Google

rasch aus dem Stadium des gesunkenen Stoffwechsels und beginnen ihre Lebensarbeit von Neuem. Mit dem Wiedererstarken des Zellenlebens erreicht dann der Stoffwechsel und das Sauerstoffbedürfniss der verschiedenen Organe sehr bald die frühere Höhe wieder und mit dem Bedürfniss steigt unter den gegebenen Verhältnissen auch der Mangel an Sauerstoff im ganzen Körper und besonders in den Ganglienzellen des Athemcentrums. Daher verkürzt sich jetzt die Dauer der durch künstliche Lungenventilation herzurichtenden Apnoe bis schliesslich bei dem vorhandenen grossen Sauerstoffbedürfniss und kleinen Sauerstoffvorrath überhaupt die Möglichkeit schwindet, unter denselben Bedingungen wie vor dem Aderlass, bei der gesteigerten Erregbarkeit des Athemcentrums einen apnoeischen Zustand zu erzielen. Damit aber dieser ganze beschriebene Vorgang zu Stande komme, darf der Blutverlust und die durch denselben bedingte Ohnmacht ein gewisses Maass nicht überschreiten, sonst treten direkt Bedingungen auf, welche das Zustandekommen einer Apnoe erschweren oder ganz verhindern.

So ist es also auch hier, wie bei allen übrigen Lebenserscheinungen des Athemcentrums, in erster Linie die Lebensenergie der Ganglienzellen und ferner der Sauerstoffvorrath im Blut resp. den Geweben, welche beide Momente zusammen die Aktion und die Ruhe des Thorax bestimmen.

Was die bei Sauerstoffmangel im Blut und den übrigen Geweben (mit Ausschluss der Ganglienzellen des noeud vital) sich anhäufenden bekannten reducirenden Substanzen betrifft, so ist es bei unserer Theorie der rhythmischen Athembewegungen unnöthig, denselben eine direkte reizende Wirkung auf die Ganglienzellen des Athemcentrums zuzuschreiben. Sie erzeugen nur insofern Athembedürfniss, als durch dieselben die Beseitigung des Sauerstoffmangels erschwert und der Sauerstoffmangel selbst bedingt und vergrössert wird. Man hat sich nur vorzustellen, dass diese Substanzen eine grosse, vielleicht eine höhere Affinität zum Sauerstoff haben als der Inhalt der Ganglienzellen, um zu begreifen, dass eine Anhäufung dieser Substanzen für die Ganglienzellen selbst Sauerstoffmangel schafft. Diese reducirenden Substanzen erregen also das Athemcentrum nur insofern, als sie durch die Befriedigung ihres Sauerstoffbedürfnisses Sauerstoffmangel in diesem Organe bedingen.

Auch die athemerregende Wirkung der Kohlensäure steht

Digitized by Google

nicht in Widerspruch mit der aufgestellten Hypothese, dass die in den Ganglienzellen bei Sauerstoffmangel auftretende Produktion eines leicht oxydablen Stoffes der Erreger der normalen Athembewegung sei. Ein Mal kann man sich vorstellen, dass durch die Anhäufung der giftigen Kohlensäure in dem Gewebe des verlängerten Marks, die Erregbarkeit der Ganglienzellen so gesteigert wird, dass diese Steigerung ein Reizmoment für das Athemcentrum abgibt. Pflüger spricht sich aus teleologischen Gründen[1]) entschieden für die Annahme aus, dass die Anhäufung der Kohlensäure durch die direkte giftige Irritation die Lebensvorgänge in allen Zellen bedrohe und so auch im verlängerten Mark die Nervenzellen errege, welche die Athembewegungen veranlassen. Aus denselben teleologischen Gründen glaubt Pflüger nicht an die Erklärungsmöglichkeit, dass die Anhäufung der Kohlensäure athemerregend wirke, indem sie die Oxydation der Zellen im noeud vital verhindere und so also faktisch auch durch Sauerstoffmangel (oder anders durch Nichtbefriedigung des Sauerstoffbedürfnisses) die Reizung der medulla oblongata bedinge. Ich möchte mich auf Grund der ausgeführten Theorie der Athmungsrhythmik grade für die letzte Erklärung entscheiden und nach, wie ich glaube, Pflüger'schen Anschauungen[2]) folgender Weise deduciren: Durch die Anhäufung der Kohlensäure wird eine Lagerung und ein Zustand der für den Sauerstoff bestimmten Atome und Molekülе herbeigeführt, welche andere und zwar grössere intramolekulare Schwingungen und Befriedigung anderer Affinitäten verschiedener Atome untereinander hervorrufen d. h. durch Anhäufung der Kohlensäure wird Erregung der Ganglienzellen bedingt. Durch Anhäufung dieses Giftes werden ferner die Atome und Molekülе in einem Zustand und einer Lagerung erhalten, so dass Minimalimpulse ausreichen, um Atome und Molekülе in den Zustand zu versetzen, welchen die Erregung der Ganglienzellen ausmacht; d. h. es wird auf diese Weise die Erregbarkeit der Ganglienzellen gesteigert.

II.

Ueber den Einfluss des N. vagus auf die Athembewegungen.

Bevor wir die zweite Frage, wie der Einfluss zu Stande kommt, welchen die Erregung bestimmter Nerven auf das Athemcentrum

1) Phys. Arch. XV, 98.

2) Phys. Arch X, 328, 329 und XV, 97, 98.

Digitized by Google

ausübt, zu beantworten versuchen, ist es nothwendig zu einer anscheinend noch immer bestehenden Controverse Stellung zu nehmen. Es beruht dieselbe auf dem widersprechenden Experimentalergebniss der Reizung des centralen Endes eines tief unten am Halse durchschnittenen Vagus in Bezug auf die Thätigkeitsäusserung des noeud vital.

Im Jahre 1868 hatte ich bekanntlich[1]) im physiologischen Institute zu Bonn auf Anregung und unter Leitung des Herrn Geh. Rath Pflüger Untersuchungen angestellt über den Einfluss des nervus vagus auf die Athembewegungen. Ich hoffte auf Grund derselben die widersprechenden Angaben deuten zu können, welche die verschiedenen Forscher über die Folgen der Reizung des centralen Stumpfes eines am Halse, unterhalb der Abzweigung des nervus laryngeus superior durchschnittenen Vagus in ihren Schriften niedergelegt haben. Während z. B. Traube, Kölliker, Müller, Snellen, Schiff, Bernard, Loewinsohn, Funke, nach ihren Experimentalergebnissen behaupteten, bei Reizung des centralen Vagusendes stehe das Zwerchfell konstant in der Phase der Einathmung, also in kontrahirtem Zustande still, hatten Budge, Eckhard, Owsjannikow grade das Gegentheil, Stillstand des Zwerchfells in der Phase der Exspiration, also Erschlaffung desselben beobachtet. So widersprechend lauteten die Ansichten der verschiedenen Forscher, als Rosenthal[2]) experimentell konstatirte, dass der innere sogenannte sensible Ast des nervus laryngeus superior in hohem Grade die Fähigkeit besitze, bei seiner centripetalen Erregung Stillstand des Zwerchfells im Zustande der Erschlaffung zu bedingen und die Kontraktion des Zwerchfells, die Inspiration zu hemmen. In dieser Eigenschaft des nervus laryngeus sup. glaubte er nun auch den Schlüssel gefunden zu haben, um die auseinandergehenden Ansichten über die Folgen der Reizung des centralen Vagusstumpfes zu klären. Die Forscher, welche bei centripetaler Erregung des Vagus Erschlaffung des Zwerchfells, Beeinflussung der Athmung im exspiratorischen Sinne gesehen haben wollten, waren nach Rosenthal durch Beobachtungsfehler getäuscht worden. Stromschleifen und unipolare Induktionswirkung auf den nervus laryngeus sup. hätten bei beabsichtigter Vagusreizung die Erschlaffung des Zwerchfells hervorgerufen. Rosen-

1) Pflüger's Archiv I, 1.

2) Rosenthal. Athembewegungen 1862.

Digitized by Google

thal behauptete, die Reizung des centralen Endes eines tief unten am Halse durchschnittenen Vagus bedinge allemal Kontraktion des Zwerchfells; Fasern der Art, wie sie im nervus laryngeus sup. vorkommen, welche die Eigenschaft besitzen die medulla oblongata zur Einstellung der rhythmischen Innervation des Zwerchfells zu veranlassen, seien im Stamme des Vagus unterhalb des nervus laryngeus sup. nicht enthalten.

Meine im Jahre 1868 in Bonn angestellten Untersuchungen entsprachen aber den Beobachtungen Rosenthals durchaus nicht. Ich war im Stande experimentell zu beweisen, dass ein Theil der Fasern des nervus laryngeus inferior unter gewissen Reizverhältnissen dieselbe Eigenschaft besitze, wie die Fasern des nervus laryngeus sup., nämlich die Bedingungen zu begünstigen, welche die Entstehung des Inspirationsreizes in den Ganglien des noeud vital verhindern. Dass auch unterhalb des Abganges des nervus laryngeus inf. noch Fasern derselben Art im Vagus enthalten seien, hielt ich für sehr wahrscheinlich[1]). Bekanntlich haben Hering und Breuer, entgegen der Behauptung Rosenthals positiv nachgewiesen, dass abgesehen vom nervus laryngeus sup. und inf. im Stamm des Vagus Fasern verlaufen, welche aus den Lungen stammen und die Eigenschaft besitzen, die Inspiration zu hemmen und die Exspiration zu fördern. Bevor ich die Arbeit von Hering und Breuer kannte, wurde ich zu der Annahme gedrängt, dass exspiratorische Fasern unterhalb des Abganges des nervus recurrens im Vagusstamme existiren müssten, weil die Exspirationsbewegungen des Zwerchfells weit weniger energisch waren bei der Reizung des nervus laryngeus inf., als diejenigen welche ich bei der Irritation des centralen Vagusendes auftreten sah.

Die Reizung des centralen Vagusstumpfes unterhalb des Abganges des nervus laryngeus sup. bedingt nämlich entgegen der ursprünglichen Behauptung Rosenthals ganz sicher zu beobachtende, viele Secunden dauernde Erschlaffung des Zwerchfells und andere Beeinflussung der Athmung im Sinne der Exspiration. Auch Hering und Breuer haben Exspirationsstellung des Zwerchfells bei Vagusreizung beobachtet.

In seinen im Jahre 1875 erschienenen Bemerkungen über die Thätigkeit der automatischen Nervencentren bespricht Rosenthal auch meine oben citirte Abhandlung über den Einfluss des

1) l. c. p. 112.

Digitized by Google

nervus vagus auf die Athembewegungen. Er sagt l. c. pag. 56: „Bei den ausserordentlich vielen Versuchen, welche ich seit nun mehr als fünfzehn Jahren über die Beziehungen des Vagus zu den Athembewegungen angestellt habe, ist mir zwar kein Fall vorgekommen, bei welchem es nicht möglich gewesen wäre, die tetanische Kontraktion des Zwerchfelles bei Vagusreizung zu erzielen, sowie bei schwächerer Reizung Vermehrung der Athemzüge zu erhalten. Dass der Grad der Kontraktion ein verschiedener sein kann und wie dies von dem grade vorhandenen Erregungszustande des Athmungscentrum abhängt, habe ich in meinen „Athembewegungen" ausführlich auseinandergesetzt. Da Burkart angibt, dass bei vorher ermüdeten Vagis die Erschlaffung leichter zu beobachten ist, so habe ich in verschiedenen Versuchen solche Ermüdung absichtlich herbeigeführt. Wie aus den oben angeführten Versuchsbeispielen hervorgeht, kommt bei langanhaltender Vagusreizung das Zwerchfell allmählich immer mehr in Exspirationsstellung, ohne jedoch ganz erschlafft zu sein. Hört man dann auf zu reizen, so kommt meist eine stärkere Kontraktion und wenn man wieder anfängt zu reizen, wieder eine Abnahme derselben. Ob solche Fälle auf ein Gegeneinanderarbeiten zweier Arten von Nerven zu deuten sind lasse ich unentschieden." Nachdem Rosenthal dann die bekannte Arbeit von Hering und Breuer erläutert und die bereits angeführte Beobachtung dieser Forscher angeführt hat, dass das Zwerchfell bei Vagusreizung zuweilen in Exspirationsstellung still stehe, sagt er pag. 58: „dass bei elektrischer Reizung des Vagus am Halse in der Regel das Zwerchfell sich zusammenzieht (und nur höchstens ausnahmsweise erschlafft, wie wir oben gesehen haben), steht an und für sich mit der Annahme von Hering und Breuer nicht in Widerspruch. Es wäre daraus nur zu schliessen, dass dabei die Wirkung derjenigen Fasern, welche „die Inspiration hemmen" von der Wirkung der andern überwogen wird." — So steht also Rosenthal noch immer skeptisch dem Experimentalergebniss gegenüber, nach welchem es regelmässig und nicht blos ausnahmsweise gelingt bei Reizung des centralen Endes eines am Halse durchschnittenen Vagus eklatante Erschlaffung des Zwerchfells für viele Sekunden zu erzielen. Er besteht auf seinem ursprünglichen Versuchsresultat, dass die centripetale Vagusreizung fast ausnahmslos inspiratorische Zwerchfellbewegung hervorrufe, trotzdem er bei den vorhandenen

Digitized by Google

anatomischen und physiologischen Thatsachen das Vorhandensein exspiratorischer Nervenfasern im Vagusstamme unterhalb des Abganges des nervus laryngeus sup. anerkennen muss.

In allerneuester Zeit ist nun Rosenbach[1]) mit der alten Behauptung von Eckhard, Budge, Owsjannikow, von Neuem aufgetreten, dass die Reizung des centralen Endes eines tief unten am Halse durchschnittenen Vagus allemal exspiratorische Zwerchfellbewegung hervorrufe. Rosenbach bedingte die Erregung des Nerven auf zweierlei Art, erstens mit mechanischen Mitteln (Durchschneidung des Nerven — Kneifen mittels einer Pincette) und zweitens mit dem Induktionsstrom. Den Reizeffekt beobachtete er am Zwerchfell mittels Palpation, indem durch eine kleine Oeffnung in der Bauchwand der Zeigefinger in das Abdomen bis zum Diaphragma eingeschoben wurde und ferner an dem bei geöffneter Bauchhöhle sichtbaren scharfen Leberrande, dessen Bewegungen bekanntlich nur fortgeleitete Bewegungen des Zwerchfells sind.

Dasjenige was ich damals[2]) über den Reizerfolg des centralen Vagusstumpfes am Halse, gestützt auf genaue Beobachtungen gesagt habe, halte ich heute noch, nach erneuter experimenteller Bearbeitung der Frage, gegenüber den Behauptungen Rosenthal's und Rosenbach's in allen seinen Punkten aufrecht und bin zudem im Stande, in etwa genauer die Bedingungen zu formuliren, unter welchen bei Vagusreizung die exspiratorischen und andererseits die inspiratorischen Zwerchfellbewegungen zur Erscheinung kommen.

Entgegen den mitgetheilten Behauptungen Rosenthal's betone ich nochmals ausdrücklich, dass es keineswegs eine Ausnahme zu nennen ist, wenn bei Reizung des centralen Vagusendes das Zwerchfell in Erschlaffung stillsteht und die Inspiration behindert ist. Wenn man viel experimentirt hat, dann lernt man bald empirisch die Bedingungen kennen, unter welchen bei elektrischer Reizung des centralen Vagusendes die Erregung der exspiratorischen Nervenfasern sich in ihrer Endwirkung auf das Zwerchfell dokumentirt und es gelingt dann ausnahmslos die bezüglichen exspiratorischen Erscheinungen zur Beobachtung zu bringen. Wie ich früher schon bemerkte, bin ich ausser Stande diese Bedingungen streng wissenschaftlich zu sichten; die über dieselben ausge-

1) Studien über den Nervus vagus.

2) Pfl. Archiv I, 1.

Digitized by Google

sprochenen Vermuthungen gründen sich aber auf Erfahrungsthatsachen.

Wenn man einem Thiere (Kaninchen) soviel Morphium (oder Chloralhydrat) beigebracht hat, dass eine tiefe Narkose besteht und in Folge derselben nach doppelseitiger Vagusdurchschneidung die Zahl der Athemzüge immens sich vermindert hat, dann bedingt die Reizung des centralen Vagusendes niemals exspiratorische, sondern nur inspiratorische Zwerchfellbewegung. Selbst bei der tiefsten, das Leben des Thieres bedrohenden Morphium- oder Chloralnarkose gelingt es immer diesen inspiratorischen Reizeffekt zu erzielen.

Anders aber gestalten sich die Versuchsergebnisse bei einem gar nicht oder ungenügend mit Morphium oder Chloralhydrat narkotisirten Thiere: Reizt[1]) man den centralen Vagusstumpf der einen Seite bei erhaltenem Vagus der anderen Seite und ist der gereizte Nerv ganz frisch und unversehrt, so scheinen auch hier fast stets die inspiratorischen Fasern zu überwiegen: man bemerkt unter diesen Umständen bei schwächerer Reizung stets Beschleunigung der Athemzüge mit gleichzeitiger Verflachung derselben (Traube, Eckhard, Bernard, Aubert und von Tschischwitz, Loewinsohn, Gilchrist), während auf stärkere Reizung Stillstand des Zwerchfells in kontrahirtem Zustande folgt (Traube, Kölliker, Müller, Snellen, Schiff, Bernard, Loewinsohn, Rosenthal, Funke). Hat der Nerv aber durch fortgesetzte Einwirkung der elektrischen Ströme gelitten, ist er nicht mehr vollständig intakt, oder walten andere, mir unbekannte Verhältnisse ob, die vielleicht eine Begründung in der zufälligen Lagerung der verschiedenen Nervenfasern im Vagusstamme und in der verschiedenen Erregbarkeit derselben finden mögen, so tritt die Wirkung der exspiratorischen Fasern entschieden hervor, wenn auch nur bei schwächerer Reizung; stärkere Reize bedingen hier noch inspiratorische Erscheinungen, bis dass die inspiratorischen Fasern ihre Erregbarkeit vollständig verloren haben. Zuweilen beobachtete ich nach bereits längerer Versuchsdauer, dass schwache Ströme eklatanten exspiratorischen Reizerfolg und weniger schwache Ströme ebensolchen inspiratorischen Reizerfolg hatten; stärkere Ströme bedingten dann evidente Erschlaffung des Zwerchfells für viele

1) Pfl. Archiv I, 1, pag. 112 und 113.

Digitized by Google

Sekunden und noch stärkere Ströme den heftigsten Inspirationstetanus des Diaphragma. Auch bei noch ganz frischem Nerven beobachtete ich mitunter exspiratorische Erscheinungen und zwar bei sehr schwachen Strömen (70 — 55 cm Rollenabstand); dieselben bestanden in einer geringen Abnahme der Zahl der Athemzüge bei gleichzeitiger Abflachung derselben im Sinne der Exspiration; gewöhnlich ging ihnen eine geringe Steigerung in der Frequenz der Athemzüge vorher. (Helmolt). Die Wirkung der exspiratorischen Fasern äussert sich entweder bei genügender Stromstärke in einer gänzlichen Erschlaffung des Zwerchfells für viele (bis 24) Sekunden (Eckhard, Budge, Owsjannikow), oder die Athemzüge gestalten sich während der Reizung mit schwächeren Strömen so, dass die Exspiration eine ausgiebigere ist und länger dauert als es vor der Reizung zur Beobachtung kommt, dass ferner die einzelnen Inspirationen während der Reizung merklich rasch ablaufen und fast sämmtlich weniger tief als bei normaler Athmung erscheinen; mit dieser Veränderung in der Art der Inspirationen ist also keine Steigerung der Frequenz verbunden, sondern eine Abnahme in der Zahl der Athemzüge (Kölliker und H. Müller).

Gewöhnlich kann man bei Strömen mittlerer Stärke beide Erscheinungen kombinirt sehen, wenn man den Reiz längere Zeit (15 ") auf den Nerven einwirken lässt. Man beobachtet dann bei Beginn der Reizung eine mehrere Sekunden dauernde Erschlaffung des Zwerchfells, an die sich die oben beschriebenen Athemzüge anreihen.

Um die exspiratorischen Erscheinungen bei der Vagusreizung am nicht narkotisirten Thier evident hervortreten zu lassen, reize ich zuerst mit mittelstarken Strömen das centrale Ende des einen Nerven, nachdem ich den anderen durchschnitten habe; zuweilen bringe ich dann das Zwerchfell zu einer 15 — 20 " dauernden Kontraktion; um das Eintrocknen des Nerven zu verhüten, lege ich denselben zeitweilig von den Blechen der Elektroden in's Blut im Grunde der Halswunde. Unter diesen Kautelen treten sehr bald die exspiratorischen Erscheinungen auf, abwechselnd mit den inspiratorischen, der Art, dass stärkere Ströme Inspiration, schwächere Exspiration hervorrufen.

Es liegt nahe, unter solchen Verhältnissen anzunehmen, die exspiratorischen Nervenfasern des Vagusstammes seien resistenter gegen elektrische Ströme als die inspiratorischen und letztere ent-

Digitized by Google

zögen sich durch Ermüdung leichter dem Einfluss des elektrischen Stromes als erstere.

Die exspiratorischen Erscheinungen bei Reizung des centralen Vagusendes bestehen also nicht nur in evidenter, für viele Sekunden andauernder Erschlaffung des Zwerchfells, sie dokumentiren sich auch in einer wirklichen Behinderung der während der Reizung vor sich gehenden inspiratorischen Zwerchfellbewegung. Zuweilen beobachtet man bei einer Reizungsdauer von 15 ", dass das Zwerchfell zuerst mehrere Sekunden lang in völliger Erschlaffung stillsteht, an welche sich dann plötzlich mehrere (3—5—8) ganz kleine Athemzüge anreihen; bei denselben sind die Kontraktionen des Diaphragma sehr klein und laufen rasch ab, während bei der Exspiration die überhaupt mögliche Erschlaffungsstellung des Zwerchfells erreicht wird. Diese kleinen Athemzüge können unter Umständen sogar rascher einander folgen als die Athemzüge vor der Reizung, so dass bei der Vergleichung der verschiedenen Erscheinungen während einer Reizungsdauer (völlige Erschlaffung des Diaphragma — kleine unzureichende Zwerchfellkontraktionen, die dennoch rascher einander folgen als vor der Reizung) man sicherlich mit der grössten Berechtigung von einem Gegeneinanderwirken inspiratorischer und exspiratorischer Bedingungen sprechen kann.

Auch die von Rosenthal oben angeführte Beobachtung, dass bei länger anhaltender Vagusreizung das Zwerchfell immer mehr in die Exspirationsstellung komme, ohne jedoch ganz zu erschlaffen, kann ich bestätigen. Ich beobachtete indessen diese Erscheinung gewöhnlich nur bei frischem Nerven; bei ermüdetem Nerv nur zuweilen und dann bei stärkeren Strömen. Ist der Nerv bereits in seiner Erregbarkeit geschwächt, dann tritt bei der Reizung mit mittelstarken Strömen mitunter grade das Umgekehrte der Rosenthal'schen Angabe ein: Die bei dem Beginn der Reizung auftretende evidente, langdauernde Erschlaffung des Zwerchfells geht allmählich unter rasch einander folgenden, kurzen Zwerchfellkontraktionen in eine dauernde Inspirationsstellung des Diaphragma über und beim Nachlassen der Reizung folgt dann eine Zwerchfellerschlaffung.

Ist der Vagus der einen Seite durchschnitten, während der centrale Vagusstumpf der anderen Seite gereizt wird, so treten die exspiratorischen Erscheinungen schon bei schwächeren Strömen

Digitized by Google

und viel intensiver auf, als bei erhaltenem Vagus der anderen Seite.

Zur Begründung meiner Behauptungen theile ich hier mehrere meiner Versuche mit. Die Versuchsthiere waren Kaninchen. Bei allen meinen Versuchen bediente ich mich zur Nervenerregung des Magnetelektromotors von Du Bois und eines Grove'schen oder eines Bunsen-Stöhrer'schen Zink-Kohlenelements. Zum Einschalten des Nerven in den secundären Nervenkreis benutzte ich den Schlüssel. Die Elektroden, über welche der durchschnittene Nerv gelegt wurde, bestanden in zwei schmalen Platinstreifen, welche passend an einem Stativ mit beweglichen Armen befestigt waren, so dass ihnen jede mögliche Stellung zum Versuchsthier gegeben werden konnte. Natürlich wurde mit grösster Sorgfalt bei der Reizung Alles vermieden, was hätte eine Nebenschliessung etc. vom Versuchsthier zur Elektrode oder der Elektroden untereinander bedingen können. Dér Schlitten des Magnetelektromotors ist nach Centimeter eingetheilt, der Nullpunkt wird von dem vorderen Ende der sekundären Spirale gezählt, wenn dieselbe ganz über die primäre geschoben ist.

Die Zwerchfellbewegungen wurden fast immer bei geöffneter Bauchhöhle und passender Lagerung der Eingeweide am Zwerchfell selbst abgelesen. Rei einigen der mitgetheilten Versuche beobachtete ich bei geschlossener Bauchhöhle die Bewegungen des Diaphragma an einer in die Leber-Magengegend durch die vordere Bauchwand bis zur Hälfte ihrer 6 cm betragenden Länge eingesenkten Nadel. Diese Beobachtungen stimmten mit der unter sonst gleichen Versuchsbedingungen angestellten Zwerchfellinspektion vollkommen überein.

Versuch I.

Graues, mittelstarkes, weibliches Kaninchen. Um 6 Uhr 25′ wurden dem Thiere 0,05 Morphium muriat. unter die Rückenhaut injicirt und dasselbe dann in bekannter Weise auf dem Rücken liegend befestigt; nun wurde die Tracheotomie gemacht nnd in die Trachea eine Canüle eingebunden und schliesslich der nervus vagus dexter tief unten am Halse durchschnitten und eine Strecke weit das centrale Ende desselben frei präparirt. Nachdem auch der linke n. vagus durchschnitten worden, eröffnete ich durch einen grossen Kreuzschnitt die Bauchhöhle, schob die Eingeweide in ein leinenes, etwas angefeuchtetes Tuch gewickelt nach links, so dass rechts die Bewegungen des Zwerchfells deutlich und sicher kontrolirt werden konnten. Beginn der Reizversuche um 7 Uhr 18′. — Grove's Element.

Digitized by Google

Nr. d. Versuchs.	Zeit des Versuchs.	Dauer der Reizung in Secund.	Rollenabstand in cm.	Zahl der Athemzüge vor der Reizung in 15 Sec.	Bemerkungen über den Erfolg der Reizung des n. vagus d.
a	b	c	d	e	f
1	7 Uhr 18′	15	33	3—4	Sehr geringe inspiratorische Beeinflussung der Athmung.
2	—	„	32	—	dito.
3	—	„	30	—	dito.
4	— 26′	„	21	—	Inspirationstetanus.
5	—	„	20	—	Heftiger Inspirationstetanus.
6	—	„	24	3½	Inspiratorische Beeinflussung der Athmung. Die Exspiration ist behindert, das Zwerchfell erschlafft nicht vollständig bei der Ausathmung; die Inspirationen sind kräftig. 4½ Athemzüge.
7	—	„	17	—	Heftiger Inspirationstetanus.
8	— 33½′	„	16	—	Heftiger Inspirationstetanus
9	—	„	22	—	Inspirationstetanus.
10	—	„	30	3½	Keine Beeinflussung der Athmung, weder im inspiratorischen, noch im exspiratorischen Sinne zu beobachten. 4½ Athemzüge.
11	—	„	25	—	Beeinflussung der Athmung im inspiratorischen Sinne.
12	—	„	20	—	Inspirationstetanus.
13	—	„	17	—	Inspirationstetanus.
14	— 39′	„	15	3½	Heftiger Inspirationskrampf.
15	—	„	23	—	13″ dauernder Stillstand des Zwerchfells in kontrahirtem Zustande.
16	—	„	24	—	5″ lang Inspirationstetanus; es folgen 5½ Athemzüge.
17	—	„	26	4	4½ Athemzüge.
18	—	„	28	—	4½ Athemzüge.
19	—	„	18	—	Inspirationstetanus.
20	—	„	18	—	Inspirationstetanus.
21	— 45′	„	15	—	Heftiger Inspirationstetanus.

Der Nerv wird von den Elektroden in's Blut im Grunde der Wunde gelegt.

a	b	c	d	e	f
22	7 Uhr 49′	20″	20	—	20″ dauernder Inspirationstetanus.
23	—	24″	16	—	24″ dauernder Inspirationstetanus.
24	—	15″	14	—	Heftiger, 15″ dauernder Inspirationskrampf.
25	—	16″	22	—	10″ dauernder Inspirationstetanus, dann 1 kurzer Athemzug, dann wieder 5″ dauernder Inspirationstetanus.
26	— 52′	16″	21	—	16″ dauernder Inspirationstetanus.
27	—	22″	15	4½	14″ dauernder Inspirationstetanus; es folgt 1 Athemzug an den sich 7″ dauernder Inspirationstetanus anreiht.
28	—	15″	13	—	Heftigster Inspirationskrampf.
29	—	15″	18	—	11″ dauernder Inspirationstetanus, an den sich (innerhalb 4″) 5 Athemzüge anreihen.

Um 7 Uhr 58′ Schluss der Versuche. Das Thier wurde durch Anlegung eines doppelseitigen Pneumothorax getödtet.

Digitized by Google

Versuch II.

Weisses, kleineres Kaninchen. Beide nervi vagi tief unten am Halse durchschnitten. Um 12½ Uhr wurde dem Thiere 0,04 Morphium mur. in die Rückenhaut injicirt, das centrale Ende des nervus vagus sinister freipräparirt und um 1 Uhr 15′ mit der Reizung desselben begonnen. — Bunsen-Stöhrer's Element.

Nr. d. Versuche.	Rollenabstand in cm.	Zahl der Athemzüge in 15″ vor der Reizung abgezählt.	Bemerkungen über den Erfolg der 15″ dauernden Reizung des n. vagus.
a	b	c	d
1	18	4	Beschleunigung der Athemzüge im Sinne der Inspiration; 6 Athemzüge.
2	16	4	Inspiration; 6½ Athemzüge.
3	13	4½	11″ dauernder Stillstand des Zwerchfells in kontrahirtem Zustande; derselbe beginnt direkt mit der Reizung des Nerven.
4	13	4	12″ dauernder Stillstand des Zwerchfells in kontrahirtem Zustande; derselbe beginnt mit der Reizung des Nerven.
5	12	—	12″ dauernder Stillstand des Zwerchfells; es folgen 3 Athemzüge.
6	12	—	6 Athemzüge. Eklatante Beeinflussung der Athmung im Sinne der Inspiration.

Bis jetzt wurden die Bewegungen des Zwerchfells an einer in der Leber-Magengegend durch die Bauchdecken etwa 2¾ cm. tief eingestochenen, 6 cm. langen Nadel beobachtet. Um 1 Uhr 27′ öffnete ich dem tief betäubten Thiere mit einem Kreuzschnitt die Bauchhöhle, schob die in ein angefeuchtetes Leinentuch geschlagenen Eingeweide nach links, so dass rechts die Bewegungen des Zwerchfells genau und sicher kontrolirt werden konnten und begann von Neuem die Reizung des linken Vagus, welcher unterdessen im Blute der Halswunde gelegen hatte.

a	b	c	d
7	12	4½	Beim Beginn der Reizung 7″ dauernder Inspirationstetanus.
8	19	5	Geringe Beschleunigung der Athmung. Die Exspiration erscheint behindert, die Inspiration geht energischer vor sich als ohne Vagusreizung.
9	19	5	
10	19	5	
11	18	—	Eklatante inspiratorische Beeinflussung der Athembewegungen.
12	17	—	15″ dauernder Inspirationstetanus.
13	17	—	Evidente inspiratorische Beeinflussung der Athmung.
14	13	—	dito.
15	15	—	dito.

Der linke nervus vagus wird von den Elektroden genommen, das centrale Ende des rechten nervus vagus freipräparirt und an diesem die Reizung vorgenommen.

Digitized by Google

a	b	c	d
16	16	5	15″ dauernder Inspirationstetanus.
17	24	—	7″ dauernder Inspirationstetanus.
18	34	5½	Geringe inspiratorische Beeinflussung der Athmung.
19	37	5	Kein Reizerfolg zu konstatiren.
20	31	5	Inspiratorische Beinflussung der Athmung.
21	17	—	15″ dauernder Inspirationstetanus.
22	19	—	dito.
23	21	—	12″ dauernder Inspirationstetanus.

Um 2 Uhr 30′ wird der Nerv für einige Minuten in das Blut im Grunde der Halswunde gelegt.

Bei den folgenden Reizversuchen, in welchen der Rollenabstand von 35 bis 12 cm. schwankte, hatten die schwächsten Ströme gar keinen, die stärkeren und stärksten nur eklatante inspiratorische Beeinflussung der Zwerchfellbewegung zur Folge. Dasselbe Resultat erhielt ich, als ich den linken nervus vagus nochmals auf die Elektrodenbleche legte und Reizungsversuche an ihm anstellte. Um 2 Uhr 45′ Schluss des Versuchs.

Versuch III.

Schwarzes, mittelstarkes Kaninchen. Demselben wurden um 3 Uhr 20′ in die Rückenhaut 0,045 Morphium mur. injicirt. Bald nachher befestigte ich das Thier in bekannter Weise auf das Vivisektionsbrett, legte am Halse den nervus vagus dexter frei, durchschnitt ihn tief unten am Halse und begann die Reizung seines centralen Endes um 4 Uhr. Die durch das Morphium bedingte Narkose war ungemein tief. Ich zählte 10—15 Athemzüge in der Minute. Die Reizung des centralen Vagusendes hatte nur inspiratorischen Effekt. Schwache Ströme waren fast ohne Einfluss. Stärkere Reizung bedingte immer heftigen Inspirationstetanus von verschieden langer Dauer, je nach dem Abstand der Induktionsrollen. Um 4 Uhr 30′ legte ich den linken, undurchschnittenen Vagus frei, so weit nach abwärts als möglich, der Art, dass eine Strecke des Nerven von 2 cm. Länge von allen Seiten umgangen werden konnte. So war ich im Stande die wohl von einander isolirten Elektroden in Gestalt eines stumpfen Doppelhakens unter dem undurchschnittenen Nerven herzuführen und denselben mittels der Elektroden so von seiner Unterlage abzuheben, dass die Luft überall als Isolirschicht zwischen Elektroden und benachbartes Gewebe des Thieres (exclusive Nerv) fungiren konnte. Jede Reizung des auf diese Weise mit den Elektroden in Verbindung gebrachten Nerven hatte nur inspiratorischen Effekt. Ein einziges Mal bei starker Stromanordnung und als ich mit den Elektroden in unmittelbarste Nähe des Kehlkopfs hinaufgeglitten war, folgte eine kurze Exspiration auf Schliessung des Stromes.

Die Quetschung des undurchschnittenen Vagus sinister hatte einen heftigen Inspirationstetanus des Zwerchfells im Gefolge. Die Quetschung war so energisch, dass nach derselben der Athmungsmodus ebenso wurde, als ob nun beide nervi vagi durchschnitten seien. Jetzt hatte die Quetschung von

Digitized by Google

immer mehr centralwärts gelegenen Parthien des n. vagus sinister nur inspiratorische Beeinflussung der Athmung im Gefolge.

Schluss des Versuchs um 5 Uhr 5'.

Versuch IV.

Grauweisses, starkes Kaninchen. Wie in den früheren Versuchen auf dem Rücken liegend befestigt. Um 6 Uhr 17' wurden dem Thiere 0,05 Morphium mur. unter die Bauchhaut injicirt. Nach beendeter Tracheotomie durchschnitt ich dicht am Kehlkopf den n. laryngeus sup. dexter und präparirte sein centrales Ende nach Rosenthal'scher Vorschrift so weit als thunlich frei.

Trotzdem das Thier tief betäubt war und nur 15 Athemzüge in der Minute machte, injicirte ich noch 0,025 Morphium muriat. subcutan. Um 7 Uhr begann ich die Reizung des n. laryngeus superior. Von den vielen Reizergebnissen dieses bis 8 Uhr 25' dauernden Versuches theile ich folgende mit.

Die Zwerchfellbewegungen wurden an einer in die Leber-Magengegend nach bekannter Methode eingestochenen Nadel beobachtet. — 1 Grove's Element.

7 Uhr 4' 13 Athemzüge in 60".

„ 11' 12 „ „ 60".

„ 17' Reizung des nervus laryngeus sup. bei 20 cm. Rollenabstand. Dieselbe bewirkte eine 58" dauernde Erschlaffung des Zwerchfells. In der 54. Sekunde der Reizung erfolgte der erste Athemzug.

„ 22' 15 Athemzüge in 60".

„ 23' Reizung des nervus laryngeus sup. bei 20 cm. Rollenabstand. Dieselbe bewirkte eine 50" dauernde Zwerchfellserschlaffung.

„ 25' die 107" dauernde Reizung des nerv. laryng. sup. bei 20 cm. Rollenabstand bewirkte eine 30" dauernde Erschlaffung des Zwerchfells, welcher 1 Athemzug folgte. Nach 5" dauernder Erschlaffung des Zwerchfells folgte der 2. Athemzug. Nach 27" dauernder Erschlaffung des Zwerchfells folgte der 3. Athemzug. Nach 3" dauernder Erschlaffung des Zwerchfells folgte der 4. Athemzug. Nach 15" dauernder Erschlaffung des Zwerchfells folgte der 5. Athemzug. Nach 3" dauernder Erschlaffung des Zwerchfells folgte der 6. Athemzug. Nach 15" dauernder Erschlaffung des Zwerchfells folgten mehrere kleine Athemzüge rasch hintereinander, worauf die Reizung unterbrochen wurde.

Die um 7 Uhr 34' beginnende Reizung des centralen Endes des n. vagus dexter hatte nur inspiratorischen Effekt. Dasselbe wurde beobachtet als der n. vagus sinister um 7 Uhr 57' durchschnitten wurde. Die bis 8 Uhr 21' fortgesetzte Reizung des n. vagus dexter beeinflusste die Athmung nur im inspiratorischen Sinne (heftiger Inspirationstetanus — Beschleunigung der Athemzüge unter Behinderung der Exspiration.)

Versuch V.

Graues, starkes Kaninchen. Dem Thiere wurden um 3 Uhr 30' unter die Bauchhaut 0,5 Chloralhydrat injicirt und dann die Tracheotomie gemacht.

Digitized by Google

Der linke Vagus wurde durchschnitten und der rechte nach seiner Durchschneidung am centralen Ende eine Strecke weit frei präparirt. Um 3 Uhr 52′ wurden nochmals 0,7 Chloralhydrat subcutan injicirt und um 4 Uhr 5′ die Reizversuche am n. vagus dexter begonnen. 1 Grove's Element.

Bei dem bis 5 Uhr 30′ dauernden Versuche beobachtete ich nur inspiratorische Beeinflussung der Athmung in Folge von Vagusreizung. Bei ganz vereinzelten Reizversuchen schien die Athmung in exspiratorischem Sinne beeinflusst zu werden. Eklatante Erschlaffung des Zwerchfells für viele Sekunden wurde indessen kein einziges Mal von mir in diesem Versuche beobachtet.

Versuch VI.

Schwarzweisses Kaninchen, auf dem Rücken liegend befestigt. Nicht narkotisirt. Linker Vagus freipräparirt, tief unten am Halse durchschnitten. Durch Eröffnung der Bauchhöhle wird das Zwerchfell rechterseits sichtbar, nachdem die Eingeweide nach links geschoben sind. — 1 Grove's Element — das centrale Ende des Nerven wird eine Zeit lang mit schwachen (70—50 cm. Rollenabstand) Strömen tetanisirt, wobei eine Beschleunigung der Athemzüge zu beobachten ist. Die Reizung mit stärkeren (40—35 cm. Rollenabstand) bedingt Inspirationstetanus. Jetzt wird auch der nervus vagus dexter tief unten am Halse durchschnitten und dann folgende Reizversuche angestellt:

Nr. d. Versuchs.	Rollenabstand in cm.	Zahl d. Athemzüge in 15″ ohne Reizung.	Bemerkungen über den Erfolg der 15″ dauernden Reizung des nervus vagus sinister.
a	b	c	d
1	50	10	Beschleunigung der Athemzüge; ich zählte deren 17 in 15″. Das Zwerchfell rückt bei der Exspiration nicht so weit herauf als wie vor der Reizung, so dass es den Anschein hat, als ob die vollständige Erschlaffung des Zwerchfells überhaupt nicht erreicht würde.
2	53	10	Beschleunigung der Athemzüge; 12 in 15″.
3	55	10	Das Zwerchfell rückt bei den einzelnen Inspirationen nicht so weit herab, als dies vor der Reizung der Fall war. Die Erschlaffung des Zwerchfells scheint ausgiebiger und dauernder als vor der Reizung.
4	58	13	Dieselbe Beobachtung wie bei Nr. 3. 10 Athemzüge in 15″.
5	45	12	Das Zwerchfell macht schwächere Contraktionen, es steigt nicht so weit herab bei der Inspiration als vor der Reizung. Aber auch bei den Exspirationen steigt das Zwerchfell nicht so weit nach aufwärts als vor der Reizung. Das Zwerchfell bewegt sich also immer in mehr weniger kontrahirtem Zustande ohne indess die völlige Kontraktion zu erreichen. 6 Athemzüge in 15″.
6	42	11	Die Reizung setzt ein im Moment der begonnenen Inspiration. Das bereits wenig kontrahirte Zwerchfell erschlafft sofort und erst nach 3″ erfolgt die erste Inspiration. 11 Athemzüge in 15″.
7	41	12	Die Reizung beginnt bei diesem und allen mit einem * bezeichneten Versuchen wie bei Nr. 6 im Moment der begonnenen Inspiration. 4 Sekunden nach der Reizung erfolgte die erste Inspiration. 11 Athemzüge in 15″.

Digitized by Google

a	b	c	d
8	40	—	* $3^1/_2$" dauernde Erschlaffung des Zwerchfells. 10 Athemzüge in 15".
9	39	—	* $3^1/_2$" dauernde Erschlaffung des Zwerchfells. — 9 Athemzüge in 15".
10	38	—	* 4" dauernde Erschlaffung des Zwerchfells. — 10 Athemzüge in 15".
11	37	13	* 4" dauernde Erschlaffung des Zwerchfells. — 9 Athemzüge in 15",
12	36	13	* 4" dauernde Erschlaffung des Zwerchfells. — 9 Athemzüge in 15".
13	30	—	* Entschiedener Inspirationstetanus. Derselbe wird öfter von einer geringen, kurzdauernden Erschlaffung unterbrochen.
14	35	—	* 4" dauernde Erschlaffung des Zwerchfells; es folgen 7 Athemzüge, von welchen der 7. durch besonders energische Zwerchfellkontraktion ausgezeichnet ist.
15	34	13	* 11 Athemzüge in 15".
16	33	—	* 10 Athemzüge in 15"; beim 10. Athemzuge heftiger In-
17	32	—	* 12 Athemzüge in 15". [spirationskrampf.
18	31	—	* 6" dauernder Inspirationskrampf; es folgt eine Erschlaffung des Zwerchfells von 1" Dauer; an diese reiht sich ein Inspirationskrampf bis zur Unterbrechung der Reizung.
19	28	—	* Heftiger Inspirationstetanus.
—	—	13	Mehrmals hintereinander abgezählt zu einer Zeit als der Nerv für mehrere Minuten von den Blechen der Elektroden ins Blut der Halswunde gelegt worden war.
20	42	—	* 4" dauernde Erschlaffung des Zwerchfells; es folgen 7 Athemzüge.
21	40	—	* 4" dauernde Erschl. des Zw.; es folgen $6^1/_2$ Athemz.
22	38	—	* $4^1/_2$" dauernde Erschl. des Zw.; es folgen 7 Athemz.
23	36	—	* 5" dauernde Erschl. des Zw.; es folgen 6 Athemz.
24	34	—	* $4^1/_2$" dauernde Erschl. des Zw.; es folgen 6 Athemz.
25	32	—	* 5" dauernde Erschl. des Zw.; es folgen 6 Athemz.
26	31	12	* 5" dauernde Erschl. des Zw.; es folgen 7 Athemz., deren Inspirationsenergie zugenommen hat.
27	30	—	* 5" dauernde Erschl. des Zw.; dieselbe ist nicht so evident wie bei Nr. 26.
28	29	—	* Das Zwerchfell bleibt in einem mittleren Grade der Kontraktion 6" lang stehen. In den 11 folgenden Sekunden zählte ich 5 ausgiebige Athemzüge.
29	28	—	* Beim Beginn der Reizung für 5" lang dieselbe Inspirationsstellung des Zwerchfells wie bei Nr. 28; es folgen 6 Athemzüge.
30	24	—	* Heftiger Inspirationstetanus.
31	30	10	* 5" dauernde, eklatante Erschlaffung des Zwerchfells; es folgen 6 Athemzüge.
32	21	10	15" dauernder Inspirationstetanus. Mit der Unterbrechung des Stromes erfolgte die erste Erschlaffung des Zwerchfells.
33	30	—	5" dauernde, evidente Erschlaffung des Zwerchfells; es folgen 6 Athemzüge.

Jetzt wird der auf den Blechen der Elektroden liegende Nerv dicht oberhalb der Elektroden mit einem in Eiweiss getränkten Leinenfaden unterbunden. Beim Zuschnüren des Fadens beobachtete ich Erschlaffung des Zwerchfells.

Nach der Unterbindung des Nerven haben Ströme von 30—20 cm.

Digitized by Google

Rollenabstand keinen Effekt mehr. Der noch immer auf den Blechen (der Elektroden) liegende Nerv wird jetzt dicht oberhalb der ersten Unterbindung zum zweiten Male unterbunden. Wiederum beobachtete ich bei der ohne Zerrung des Nervenstranges erfolgenden Zuschnürung des Fadens eine 5″ dauernde Erschlaffung des Zwerchfells.

Versuch VII.

Grauweisses, starkes Kaninchen, auf dem Rücken liegend befestigt. Keine Narkose. Um 6 Uhr 20′ wurde die Tracheotomie gemacht und eine entsprechende Kanüle in die Trachea eingebunden. Dann präparirte ich den nervus vagus dexter, durchschnitt ihn tief unten am Halse und ebenso auch den nervus vagus sinister. Jetzt öffnete ich durch einen grossen Kreuzschnitt in die Bauchdecken die Unterleibshöhle, schob die in ein angefeuchtetes Leinentuch geschlagenen Eingeweide nach links, so dass rechts die Bewegungen des Zwerchfells genau und sicher kontrolirt werden konnten. — 1 Grove's Element.

Nr. d. Versuchs.	Zeit des Versuchs.	Dauer des Versuchs in Secund.	Rollenabstand in cm.	Zahl d. Athemzüge in 15″ vor der Reizung.	Bemerkungen über den Erfolg der Reizung des n. vagus dexter.
a	b	c	d	e	f
1	6 Uhr 46′	15	35	16	Inspiratorische Beeinflussung der Athmung; mehrere Secunden dauernder Stillstand des Zwerchfells in kontrahirtem Zustande.
2	„ 49′	„	27	14	dito.
3	„ 50′	„	26	14	Heftiger Inspirationstetanus.
4	„ 51½′	„	26	—	dito.
5	„ 52′	„	28	—	Es war mir zweifelhaft ob die Athmung im inspiratorischen oder im exspiratorischen Sinne beeinflusst wurde.
6	„ 53′	„	29	15	Beeinflussung der Athmung im inspiratorischen Sinne.
—	—	—	—	15	Der Nerv wurde für einige Minuten ins Blut der Wunde gelegt.
7	7 Uhr	15	30	—	Beschleunigung der Athemzüge.
8	„ 8′	„	29	—	Inspirationstetanus. Der Nerv wurde eine Zeit lang mit Strömen von 28—20 cm. Rollenabstand gereizt. Der Reizeffekt war nur immer inspiratorischer Art.
9	„ 10′	15	22	—	Eklatante Erschlaffung des Zwerchfells für viele Sekunden.
10	„ 10½′	„	16	—	Die Reizung setzte ein mit der beginnenden Inspiration. Das fast vollständig kontrahirte Zwerchfell erschlaffte sofort und verharrte im äussersten Grad der Erschlaffung 15″ lang. Mit der Unterbrechung der Reizung erfolgte die erste Inspiration.

Digitized by Google

a	b	c	d	e	f
11	7 Uhr 12′	17	16½	—	In diesem und allen übrigen mit * bezeichneten Versuchen, setzte die Reizung mit der eben begonnenen Inspiration ein. Das schon kontrahirte Zwerchfell erschlaffte sofort und blieb 16″ im äussersten Grad der Erschlaffung. Dann erfolgte eine Inspiration, worauf die Reizung unterbrochen wurde.
12	„ 13′	17	17	13	* 16″ dauernde Erschlaffung des Zwerchfells, welcher 1 Athemzug folgt.
13	„ 15′	15	19	—	* Eklatante inspiratorische Beeinflussung der Athmung.
14	„ 16½′	„	20	—	dito.
15	„ 18′	„	17	—	dito.
16	„ 19′	„	16	—	* 7″ dauernde Erschlaffung, an welche eine mehrere Sekunden dauernde Kontraktion des Zwerchfells mittlerer Stärke sich anreihte; es folgten kurze Athemzüge mit behinderter Exspiration.
17	„ 20½′	17	18	9	* 16″ dauernde Erschlaffung des Zwerchfells; es folgte 1 Athemzug.
18	„ 22′	15	18	—	* Erschlaffung des Zwerchfells für mehrere Sekunden; es folgten Athemzüge deren Exspiration verlängert, deren Inspiration behindert waren.
19	„ 23′	„	18	—	dito.
20	„ 24′	„	17	—	dito, nur dauerte die Zwerchfell-Erschlaffung im Beginn des Versuches länger.
21	„ 24½′	17	14	—	* 16″ dauernde Erschlaffung des Zwerchfells; es folgte 1 Athemzug.
22	„ 25′	15	13	—	* 7″ dauernde Erschlaffung des Zw.; es folgten 3 kurze Athemzüge, dann wieder eine Erschaffung für mehrere Sekunden.
23	„ 25½′	„	11½	—	* Heftiger Inspirationskrampf. Der Nerv wurde 2½ Minute lang ins Blut im Grunde der Halswunde gelegt.
24	„ 29′	15	13	—	* 15″ dauernde Erschlaffung des Zw.
25	„ 30′	15	13	—	* 12″ dauernde Erschlaffung des Zw.; es folgten einige kurze Athemzüge, dann wieder Erschlaffung.
26	„ 31′	„	20	—	* Stillstand des Zwerchfells in kontrahirtem Zustande für mehrere Sekunden.
27	„ 32′	„	25	—	* Inspiratorische Beeinflussung der Athmung.
28	„ 33′	„	31	—	* Kein Reizeffekt zu konstatiren.
29	„ 33½′	„	30	10	dito.
30	„ 34′	„	28	10	* Verlangsamung der Athmung im Sinne der Exspiration. Die Exspirationen dauerten lang und waren sehr ausgiebig, die Inspirationen waren behindert.
31	„ 34½′	„	26	—	* 14″ dauernde Erschlaffung des Zwerchf.
32	„ 35′	„	28	—	* Alles wie bei Nr. 30.
33	„ 35½′	„	26	—	* Im Anfange der Reizung schien das Zwerchfell im inspiratorischen, später im exspiratorischen Sinne beeinflusst zu sein.
34	„ 36′	„	25	—	* Stillstand des Zwerchfells in kontrahirtem Zustande für mehrere Sekunden. Die Exspiration bei den dann folgenden Athemzügen war sehr behindert.

Digitized by Google

a	b	c	d	e	f
35	7 Uhr 37′	15	24	—	Stillstand des Zwerchfells in kontrahirtem Zustande für mehrere Sekunden. Die Exspiration bei den dann folgenden Athemzügen war sehr behindert.
36	„ 38′	„	22	—	* dito.
37	„ 39′	„	21	—	* dito.
38	„ 39½′	„	19	—	* dito.
39	„ 40′	„	18	—	* Erschlaffung des Zwerchfells für mehrere Sekunden; die Inspiration der dann folgenden Athemzüge war behindert.
40	„ 40½′	„	16	—	* Das Zwerchfell stand in kontrahirtem Zustande mehrere Sekunden lang still. Behinderung der Exspiration bei den folgenden Athemzügen.
41	„ 41′	17½	14	—	* 15″ dauernde Erschlaffung des Zwerchfells; es folgte eine Zwerchfellkontraktion von mehreren Sekunden Dauer.
42	„ 42′	24	14	—	* 24″ dauernde Erschlaffung des Zwerchf.
43	„ 43′	15	14	—	* 14″ dauernde Erschlaffung des Zwerchfells; es folgten kleine kurze Athemzüge.
44	„ 43½′	„	10	9	* Heftigster Inspirationstetanus.
45	„ 44′	„	19	—	* Inspirationstetanus für mehrere Sekunden. Die folgenden Athemzüge waren im inspiratorischen Sinne beeinflusst.
46	„ 44½′	„	22	—	dito.
47	„ 45′	„	24	—	dito.
48	„ 45½′	„	26	—	* Erschlaffung der Zw. für mehrere Sekunden; es folgten exspiratorisch beeinflusste Athemzüge.
49	„ 46′	„	27	—	* Beeinflussung der Athmung im exspiratorischen Sinne.
50	„ 46½′	„	30	—	* dito.
51	„ 47′	17	17	—	* 16″ dauernde Erschlaffung des Zwerchf.

Um 7 Uhr 48′ wurde der auf den Elektroden liegende Nerv mit einem in Eiweiss getränkten Leinenfaden unterbunden; die um 7 Uhr 49′ wie in Nr. 51 vorgenommene Reizung hatte keinen Effekt.

Versuch VIII.

Die beifolgenden Curvenzeichnungen sind von einem Kaninchen gewonnen und repräsentiren die Athembewegungen während und ausser der Reizung des centralen Endes eines am Halse durchschnittenen nervus vagus. Das Thier wurde in bekannter Weise auf dem Rücken liegend befestigt und keine Narkose eingeleitet. Der nervus vagus dexter wurde freipräparirt und tief unten am Halse durchschnitten; ebenso wurde auch der nervus vagus sinister durchschnitten. Durch eine kleine Oeffnung in den Bauchdecken wurde der Rosenthal'sche Phrenograph mit dem Zwerchfell einerseits und durch einen Seidenfaden andererseits mit dem Schreibhebelsystem eines Kymographions in Verbindung gebracht und nachdem so alles vorbereitet war, der Versuch begonnen.

Nachdem ich abwechselnd mit stärkeren und schwächeren Strömen den nervus vagus dexter tetanisirt hatte und ich an den Bewegungen des aus der

Digitized by Google

Bauchwunde herausstehenden Hebelarmes des Phrenographen exspiratorische Zwerchfellbewegungen bei Vagusreizung zu erkennen glaubte, setzte ich den Zeichenapparat in Aktion.

Die Curven bedürfen im Anschluss an die beiden Versuchsbeschreibungen IV und V keiner weiteren Erläuterungen; sie beweisen graphisch die Richtigkeit der angeführten Beschreibungen.

Die an jeder Curve angeschriebenen Buchstaben a und e bedeuten Anfang und Ende der Reizung.

Nach dem Ergebniss meiner Versuche ist die Frage, wie reagirt das Athmungscentrum auf die Reizung des centralen Endes eines tief unten am Halse durchschnittenen nervus vagus, folgender Weise zu beantworten: Entsprechend der Thatsache, dass im Stamme des Vagus unterhalb des Abganges des nervus laryngeus superior zweierlei Fasern verlaufen, von welchen die einen bei ihrer Erregung inspiratorische, die anderen exspiratorische Erscheinungen hervorbringen, beobachtet man bei Reizung des centralen Endes dieses Nerven unter verschiedenen besonderen Verhältnissen ein Mal Zwerchfellsbewegungen im Sinne der Inspiration und ein anderes Mal solche im Sinne der Exspiration. Bei der gemeinsamen Reizung der zu einem Nervenbündel vereinigten verschiedenen Fasern, deren Reiz- und Erregbarkeitsverhältnisse durch allerlei Momente modificirt werden können, beobachtet man ferner inspiratorische und exspiratorische Erscheinungen zusammen in einer Reizungszeit.

Sobald durch Morphium oder Chloralhydrat (und wahrscheinlich auch noch durch andere sogenannte Hypnotica) eine tiefe Hirn-Narkose bei dem Versuchsthier eingeleitet ist, bedingt die Reizung des centralen Vagusstumpfes unterhalb des Abganges des nervus laryngeus sup. nur mehr inspiratorische Erscheinungen. Dagegen scheint selbst die tiefste Morphiumnarkose an der bekannten Wirksamkeit der elektrischen Erregung des nervus laryngeus sup. nicht das mindeste zu ändern. Dieses letztere Versuchsergebniss steht im Einklang mit den entsprechenden Versuchen Rosenthal's[1]). Derselbe fand ferner nach der Exstirpation des Grosshirns die Reizwirkung beim nervus laryngeus sup. unverändert, während der Erfolg der Reizung der im nervus recurrens verlaufenden ex-

---

1) Athembewegungen 1875.

Digitized by Google

spiratorischen Nerven bei Grosshirnexstirpation und bei Narkose des Versuchsthieres ebenfalls beeinträchtigt resp. beseitigt wurde. Das Letzte bin ich im Stande zu bestätigen.

Die Versuche von Rosenthal und die meinigen dringen also darauf, die im Vagusstamme verlaufenden exspiratorischen Nerven in zwei Kategorien zu theilen, wie es bereits Rosenthal[1]) in seinen „Athembewegungen" ausgesprochen hat. Die eine Art dieser exspiratorischen Nerven verläuft ausschliesslich im Stamme des nervus laryngeus sup. und tritt ohne Vermittelung der Grosshirnhemisphären direkt mit dem Athemcentrum in Beziehung. Die andere Art beeinflusst die Ganglienzellen des noeud vital nur unter Vermittelung von Nervencentren, welche ihren Sitz in der Grosshirnsubstanz haben. Diese zweite Art exspiratorischer Nerven verläuft ausschliesslich im Stamme des Vagus unterhalb des Abganges des nervus laryngeus sup. Dass auch in diesem Nerven (laryng. sup.) Fasern der zweiten Art neben denen der ersten Art verlaufen ist höchst wahrscheinlich. Ob die im Stamme des Vagus unterhalb des n. laryngeus sup. verlaufenden exspiratorischen Nerven den übrigen sensiblen Nerven vollständig gleichwerthig seien, ist sehr fraglich; ich glaube es desshalb nicht, weil ihre Reizung die eminentesten Exspirationserscheinungen (24 " dauernde Erschlaffung des Zwerchfelles) zu bedingen im Stande ist, wie dies kein anderer sensibler Nerv zu thun vermag. Sie stehen eben unter Vermittlung eines im Grosshirn gelegenen Centrums mit dem noeud vital in ganz besonderer Beziehung.

Meine Versuchsergebnisse widersprechen natürlich den bezüglichen Angaben Rosenbach's durchaus. Ebenso beleuchten sie in gewisser Beziehung die Haltlosigkeit der Athmungstheorie Rosenbach's, welche derselbe zum grossen Theil auf die Resultate seiner Reizversuche am centralen Vagusstumpfe aufgebaut hat. Nach jener Theorie sollen im Vagusstamme nur solche Athemnerven verlaufen, deren Reizung eine Gefässverengerung im noeud vital bedingt, um so durch Verminderung des Blutquantum auch den im Blute enthaltenen Athemerregenden Stoff zu verringeren resp. fortzuschaffen. Wenn man bei dem Resultate meiner obigen Versuche an der vasomotorischen Natur der im Vagusstamme verlaufenden Athemnerven festhalten wollte, dann wäre man gezwun-

1) Athembewegungen 1875, pag. 55.

Digitized by Google

gen, abweichend von Rosenbach, sowohl gefässerweiternde als gefässverengende Nerven anzunehmen, von welchen die einen die Exspiration, die anderen die Inspiration zu bewirken hätten. Ich werde indessen darthun, dass der nervus vagus in das vasomotorische Nervensystem überhaupt nicht einzureihen ist und dass nur von einer direkten nervösen Beziehung der Ganglienzellen des Athemcentrum und der im Vagusstamme vereinigten Athemnerven gesprochen werden darf. —

III.

Wie kommt der Einfluss zu Stande, welchen die nervi vagi und andere Athemnerven auf das Athemcentrum ausüben?

Brown-Sequard und Traube haben bekanntlich bereits vor vielen Jahren die vielfach angezweifelte und widerlegte Behauptung aufgestellt, es seien die im Vagusstamme verlaufenden Hemmungsnerven des Herzens die Vasomotoren der Coronararterien und nur als solche d. h. also sekundär brächten sie die ihnen eigenthümliche herzhemmende Wirkung zu Stande. Ebense versuchten Mayer und v. Basch in neuerer Zeit für einen anderen Hemmungsnerven, den nervus splanchnicus, den Charakter als Gefässnerv des Darms wahrscheinlich zu machen. Im Anfang dieses Jahres hat nun Rosenbach in seiner oft citirten Schrift einen grossen Theil der Athemnerven in das vasomotorische Nervensystem eingereiht und bezeichnet den nervus vagus zunächst in seiner Funktion als Athmenerv als den Gefässnerven des in der medulla oblongata gelegenen Athemcentrum. Wie ich es bereits an dieser und auch an anderer Stelle[1]) ausdrücklich hervorgehoben habe, stimme ich den Deduktionen und Versuchsergebnissen Rosenbach's durchaus nicht bei. Aber dennoch schien mir die zuerst von Rosenbach angeführte Benennung des nervus vagus als vasomotorischer Athemnerv eine sehr glückliche und der Wirklichkeit entsprechende zu sein und so bezeichnete auch ich[2]), freilich abweichend von Rosenbach, die im Vagusstamme verlaufenden inspiratorischen und exspiratorischen Nerven als die Gefässverengerer und Gefässerweiterer der medulla oblongata. Ehe ich indessen die ausführliche Begründung dieser meiner bereits ausgesprochenen Behauptung weiter veröffentlichte, unternahm ich zur

1) Medic. Wochenschr. Nr. 32 u. 33, 1877.

2) Medic. Wochenschr. l. c.

Digitized by Google

definitiven Prüfung derselben, auf den Rath und nach der Angabe von Herrn Geh. Rath Prof. Dr. Pflüger, folgende zwei Versuchsreihen am Frosche.

Von der Annahme ausgehend, dass die im n. vagus verlaufenden Athemnerven nur die Vasomotoren des Athemcentrum seien, müssten dieselben ihre Wirkung auf den Athemmechanismus verlieren, wenn es gelänge die Blutcirkulation resp. das Blut aus dem Versuchsthier, beziehungsweise der medulla oblongata während des Versuches auszuschalten. Da das Leben der Warmblüter mit dem Aufhören der Blutcirkulation im nervösen Centralorgan ungemein schnell endet, so waren solche Thiere zu einem derartigen Versuche nicht zu gebrauchen. Frösche überleben aber bekanntlich die Exstirpation des Herzens, mit welcher natürlich auch die Blutcirkulation aufhört, noch lange Zeit. An diesen Thieren stellte ich daher den Vagusversuch an. Sorgte ich dafür, dass neben der Herzexstirpation auch noch eine ausgiebige Blutentleerung bei dem Versuchsthiere stattfand, dann durfte ich wohl erwarten unter solchen Bedingungen den gewöhnlichen inspiratorischen Effekt bei Reizung des centralen Vagusendes wesentlich verändert, vielleicht ganz aufgehoben zu sehen, wenn meine ursprüngliche Annahme die richtige war, dass der gereizte Vagus nur sekundär unter Vermittlung der medulla-Blutgefässe d. h. unter Vermittlung der Blutcirkulation auf das Athemcentrum einwirke.

Bei der Lungenathmung der Frösche erfolgt bekanntlich die Inspiration der Art, dass die Thiere, die mittelst Ausdehnung der Kehle in dieselbe durch die Nasenlöcher eingesogene Luft in die Lungen einpressen. Dieses Einpressen geschieht durch die Aktion gewisser Kehlmuskeln und in Verbindung mit diesen durch die Thätigkeit der Schluckmuskeln. Reizt man an einem Frosche das centrale Ende eines durchschnittenen n. vagus, so beobachtet man bei schwächerer Reizung eine Kontraktion der Kehlmuskeln (Zusammenpressen der Kehle), an welche sich bei stärkerer und länger dauernder Reizung der Tetanus der Schluckmuskeln anreiht. So lange das Herz des Versuchsthieres unversehrt ist und der operative Eingriff und die Dauer des Versuches zunächst die beiden Versuchsobjekte n. vagus und Athemcentrum nicht zu sehr alterirt haben, erfolgt bei richtiger Auswahl der Reizstärke auf jede Nervenreizung von 3 — 8 " Dauer in den kürzesten Intervallen die tetanische Kontraktion der Kehl- und Schluckmuskeln.

Digitized by Google

Von den vielen Versuchen, welche ich zur Beantwortung der Frage angestellt habe, wie sich dieser gewöhnliche Effekt der Reizung des centralen Vagusstumpfes umändere nach einer grossen Blutentziehung und nachfolgender Exstirpation des Herzens, theile ich hier die folgenden mit:

Der als Versuchsthier dienende Frosch wurde in passender Weise mittelst Angelhaken, welche die vier Füsse fassten, auf dem Vivisektionsbrett in der Rückenlage ausgespannt; ein fünfter, am Mittelstück des Unterkiefers angebrachter Angelhaken zog den Kopf nach vorn und fixirte denselben in seiner Lage. Durch einen Kreuzschnitt, dessen Mittelpunkt auf dem Sternum liegt und dessen vertikaler Schenkel nach Oben bis zum Unterkiefer, nach abwärts bis zur Mitte des Bauches in der Medianlinie des Körpers verläuft, während der horizontale Schenkel die Haut beiderseits vom Sternum bis zu den Vorderarmen spaltet, konnte die ganze Kehl- und Brustmuskulatur zugänglich gemacht werden. Nachdem die Hautinsertionen der betreffenden Muskeln, besonders diejenigen der mm. submaxillares vorsichtig gelöst und die vier Hautlappen zurückgeschlagen worden, liegt das Versuchs- und Operationsfeld frei zu Tage. Nach Abtrennung der Sternalinsertion des einen m. sternoradialis und ebenso der Sternalportionen des m. pectoralis derselben Seite gelingt es, mit einer Scheere das unterliegende os claviculare und os coracoideum am medialen Ende zu durchschneiden. Indem man nun das periphere Ende eines der beiden durchschnittenen Knochen mit einer Pincette in die Höhe und zur Seite drängt, kann man leicht die an die betreffenden Knochen sich inserirenden Muskeln, so weit als nothwendig ist ablösen, um die zugehörige Oberextrimität der Art nach Aussen umzuschlagen, dass man die in dem Raum zwischen Schulterblatt und Wirbelsäule gelegenen Organe übersehen und erreichen kann. Da ein Theil der Inspirationsmuskeln von den Knochen entspringt, welche aus ihrer normalen Verbindung und Lage gelöst werden, so thut man gut recht sparsam mit dem Durchschneiden der abzulösenden Muskelinsertionen zu sein und wenn möglich die Präparation nur eines n. vagus vorzunehmen und die Muskeln der anderen Seite intakt zu lassen, um so die zu beobachtenden Muskelkontraktionen so effektvoll als möglich zur Erscheinung zu bringen. Nachdem man die abgelöste Hälfte des Schultergürtels mit einem Haken in ihrer nach auswärts gebogenen Lage befestigt hat, sieht man nach

Digitized by Google

Entfernung von wenig Bindegewebe den n. vagus tief im Grunde der Wunde, etwas versteckt unter den die Wirbelsäule hier bedeckenden Eingeweiden und Muskeln; ein Blutgefäss verläuft dicht neben dem Nerven. Derselbe verlässt die Schädelhöhle durch das foramen condyloideum des Hinterhauptsbein, steigt am Aussenrande der vom os petrosum entspringenden m. m. protrahens und levator scapulae nach vorn und innen aus der Tiefe empor und verläuft schräg nach vorn und unten zu seinen bezüglichen Organen. Der freipräparirte Nerv wird so weit als thunlich peripher durchschnitten und dann am centralen Ende für die Elektroden vollends zugänglich gemacht. Bei dieser immerhin schwierigen Operation (es verlaufen hier in grösster Nähe beisammen viele Nervenfasern[1]), vor deren Durchschneidung man sich zu hüten hat) wurden aus oben entwickelten Gründen Blutverluste des Thieres nicht vermieden. Sollte auch der zweite n. vagus an demselben Frosche präparirt werden, dann achtete ich darauf, dass wenigstens das Mittelstück des Schultergürtels (das eigentliche Brustbein mit den centralen Resten von ossa clavicular. und coracoid.) stehen blieb, um wenigstens die hier inserirenden Muskeln in ihrer Lage zu erhalten. Bei der Herzexstirpation konnte man dieses Organ nach doppelseitiger Vagus-Präparation sehr leicht von irgend einer Seite das Brustbein erreichen; gelang dies bei einseitiger Vagus-Präparation nicht, dann wurde das Herz nach weiterer mässiger Knochenresektion am os claviculare sicher zugänglich. Auf vollständige Entfernung der Vorhöfe mit dem zugehörigen sinus venosus und auf leichten Abfluss des ausströmenden Blutes wurde bei der Herzexstirpation besonders geachtet.

Zur Reizung des zugänglich gemachten Nerven diente ein Grove's Element. Der Induktionsapparat war derselbe den ich bei meinen vorhin beschriebenen *N*agusversuchen am Kaninchen benutzte. Als Elektroden dienten mir zwei dünne, schmale $1^1/_2$ cm. lange, an Kupferdrähte angelöthete Platinstreifen. Die Drähte verliefen von einander isolirt innerhalb eines 12 cm langen Hartgummirohres, welches als Handgriff diente. Durch ein bewegliches Kettenglied waren die Drähte der Induktionsrolle mit den Drähten

1) Der ramus linguatis n. vagi, der n. hypoglossus und in nächster Nachbarschaft des eigentlichen Vagus-Stammes der n. laryngeus sup. c. f. Heinemann in Virchow's Arch. B. 22.

Digitized by Google

der beschriebenen Elektroden verbunden, so dass die freie Handtirung mit der letzteren möglich war. Bei der Reizung des centralen Vagusstumpfes fasste ich mit einer Isolirpincette das Ende des Nerven und hielt mit der anderen Hand die Elektroden an denselben. Da die Platinstreifen dünn und biegsam waren, schmiegten sie sich leicht an den Nerven ohne ihn besonders arg zu drücken.

I.

Um 10h 55′ wurde ein Frosch in angegebener Weise auf dem Rücken liegend befestigt und an seiner linken Körperseite den n. vagus freipräparirt. Um 11h 9′ war Alles zum Reizversuch vorbereitet. Da der Nerv indessen (vielleicht in Folge fehlerhafter Präparation) nicht in gewohnter Stärke auf den elektrischen Reiz mit Inspirationstetanus reagirte, wurde auch der n. vagus dexter präparirt, durchschnitten und sein centrales Ende für die Elektroden zugänglich gemacht.

Um 11h 30′ hatte die bei 17 cm. Rollenabstand vorgenommene Reizung des Vagus dexter jedesmal intensiven Krampf der Kehl- und Schluckmuskeln im Gefolge. Die Reizung des n. vagus der linken Seite hatte zwar schwächeren Erfolg; aber auch hier kontrahirten sich die Kehl- und Schluckmuskeln auf die Reizung des Nerven.

Um 11h 32′ exstirpirte ich dem Thier das Herz.

Während der folgenden Reizpausen wurde der n. vagus d. mit dem ausgeschnittenen Herzen, der n. vagus s. mit einem abgeschnittenen Stück Muskelfleisch der Oberextremität bedeckt. Die folgenden Reizungen geschahen immer bei einer Stromstärke von 17 cm. Rollenabstand.

Um 11h 35′ Vagus d. gereizt: Intensiver Krampf der Kehl- und Schluckmuskeln für die ganze 5″ dauernde Zeit der Reizung.

Um 11h 36′ Vagus d. gereizt. Dasselbe Resultat.

Um 11h 41½′ Vagus d. gereizt. Ebenfalls intensiver Inspirationskrampf für 6″ lang.

Um 11h 43½′ Vagus s. gereizt. Contraktion beider musc. submaxillares für die ganze 4—5″ dauernde Zeit der Reizung.

Um 11h 45′ macht das Thier einige spontane Athembewegungen, welche nach dem letzten operativen Eingriff nur in sehr langen Intervallen beobachtet werden.

Um 11h 33′ Vagus d. gereizt. Heftiger Krampf der Kehl- und Schluckmuskeln für die ganze 5″ dauernde Zeit der Reizung.

Um 11h 56′ Vagus d. gereizt. Dasselbe Resultat.

Um 11h 57′ Vagus s. gereizt. Contraktion beider musc. submaxillares.

Um 12h — Vagus d. gereizt. Inspirationskrampf der Kehl- und Schluckmuskeln. Derselbe ist schwächer als bei den früheren Reizungen.

Um 12h 3′ macht das Thier einige spontane Athembewegungen.

Digitized by Google

Um 12h 4′ Vagus d. gereizt. Krampf der Kehl- und Schluckmuskeln 4—5″ lang.

Um 12h 5′ macht das Thier einige spontane Athembewegungen.

Um 12h 7′ reagiren die beiden Vagi nicht mehr auf elektrische Reize, auch als die Induktionsrollen bis zu 14 cm. übereinandergeschoben wurden.

Als das Thier jetzt losgebunden und in die Bauchlage gebracht wurde, scheint es vollständig erschöpft. Es macht noch einige Athemzüge, indem sich bei jeder einzelnen Inspiration der Kopf in die Höhe hebt und die Augen öffnen. Die Hinterbeine werden nicht mehr an den Rumpf angezogen. Durch einen Kreuzschnitt in der Rückenmitte wurde der Canalis spinalis geöffnet und durch Einführung einer Sonde in denselben das Hirn-Rückenmark zerstört. Während alle anderen Muskelnerven ihre Reizung mit Muskelkontraktionen beantworteten, blieb auch jetzt die Reizung der Vagi wirkungslos.

II.

Um 2h 45′ wurde ein Frosch in der angegebenen Weise auf dem Rücken liegend befestigt und dann die Präparation des n. vagus s. vorgenommen. Um 3h 1′ war Alles zum Reizen des Nerven zubereitet. Jede Reizung des centralen Vagusstumpfes bei einem Rollenabstand, welcher zwischen 15—18 cm. schwankte, bedingte eklatanten, inspiratorischen Effekt, die Kontraktion der Kehl und Schluckmuskeln, welche entsprechend der Reizungszeit 2—4″ dauerte.

Um 3h 25′ exstirpirte ich dem Thiere das Herz. In der ersten Zeit nach geschehener Exstirpation hatte die Reizung des centralen Vagusendes denselben inspiratorischen Erfolg, wie vor der Exstirpation; sehr bald aber schien diese Wirkung der Vaguserregung eine schwächere zu werden.

Um 4h reizte ich den Vagus innerhalb einer Zeit von 25″ bei einem Rollenabstand von 17 cm. drei Mal; jede einzelne Reizung dauerte 3—4″ lang, jede Reizpause nahezu dieselbe Zeit. Von diesen drei Reizungen hatte die erste eine energische Kontraktion der Kehl- und Schluckmuskeln im Gefolge; die beiden folgenden bedingten kaum eine Kontraktion der beiden musc. submaxillares.

Um 4h 15′ stellte ich denselben Versuch mit demselben Erfolge an: nur die erste Reizung bewirkte eklatanten inspiratorischen Effekt.

Um 4h 37′ erfolgten in 30″ bei 17 cm. Rollenabstand drei Reizungen des Nerven, eine jede von 3—5″ Dauer. Nur die erste derselben bedingte einen 5″ dauernden Inspirationstetanus der Kehl- und Schluckmuskeln.

Um 4h $38^1/_2$′ reizte ich bei 15 cm. Rollenabstand wie vorhin in 30″ das centrale Vagusende drei Mal. Nur die erste Reizung hatte ausgesprochenen inspiratorischen Erfolg.

Um 4h $39^1/_2$′ bei 17 cm. Rollenabstand und drei Reizungen in 30″ dasselbe Resultat wie vorhin.

Um 4h $40^1/_2$′ bei 15 cm. Rollenabstand und drei Reizungen in 30″ dasselbe Resultat wie vorhin.

Digitized by Google

Um 4h 45½′ reizte ich bei 17 cm. Rollenabstand in 50″ den Nerven sechs Mal, jedesmal 3—5″ lang. Nur die erste Reizung hatte Erfolg d. h. bedingte Kontraktion der Kehl- und Schluckmuskeln. Von den folgenden fünf Reizungen des Nerven riefen nur die beiden ersten geringe Kontraktion der beiden musc. submaxillares hervor.

Das unmittelbar nach diesem Versuch losgebundene Thier schien sehr ermattet. Der Wirbelkanal wurde wie vorher beschrieben in der Rückenmitte geöffnet und Hirn-Rückenmark zerstört. Jetzt hatte die Reizung des centralen Vagusendes keinen Effekt mehr.

III.

Um 12h 16′ wird ein Frosch in angegebener Weise in der Rückenlage befestigt, der n. vagus dext. präparirt, durchschnitten und sein centrales Ende für die Elektroden zugänglich gemacht.

Um 12h 36′ ist Alles zur Nervenreizung vorbereitet.

Um 12h 37′ n. vagus gereizt bei 14 cm. Rollenabstand. Es erfolgte eine eklatante, tetanische Kontraktion der Kehl- und Schluckmuskeln.

Um 12h 38′ n. vagus gereizt bei 17cm. Rollenabstand. Dasselbe Resultat. Jede Reizung bedingt sofort den Tetanus der Inspirationsmuskeln für die ganze Zeit (3—5—7″) der Reizung.

Um 11h 40′ wird das Herz exstirpirt. Das Blut entleert sich leicht aus den durchschnittenen Gefässen. Direkt nach diesem operativen Eingriff macht das Thier mehrere spontane Athembewegungen und bleibt dann ruhig da liegen ohne zu athmen. Der n. vagus d. wird während der Reizpausen mit dem ausgeschnittenen Herzen bedeckt.

Um 12h 55′ n. vagus gereizt. Die Reizung dauerte bei 17 cm. Rollenabstand ununterbrochen 7″ lang und bedingte einen 7″ währenden Tetanus der Kehl- und Schluckmuskeln.

Um 12h 56′ n. vagus bei 15 cm. Rollenabstand gereizt: Intensiver Inspirationstetanus.

Um 1h 6′ die Reizung des n. vagus erfolgte jetzt und in den folgenden Versuchen bei 15 cm. Rollenabstand. Dieselbe dauerte in diesem Versuche 1′ lang, während welcher Zeit sieben Reizungen des n. vagus vor sich gingen. Eine jede Reizung währte 3—4″ und bedingte jedesmal eklatanten Inspirationstetanus.

Um 1h 20′ der Reizversuch dauerte 1′ lang; während dieser Zeit geschahen sieben Reizungen, eine jede von 2—4″ Dauer. Von denselben bedingten die beiden ersten eklatanten Inspirationstetanus; die vier folgenden riefen eine schwächere Contraktion der Kehl- und Schluckmuskeln hervor; die siebente Reizung hatte nur Kontraktion der beiden musc. submaxillares im Gefolge.

Digitized by Google

Um 1h 30′ n. vagus gereizt. Der Reizversuch dauerte 1′ lang; während dieser Zeit erfolgten fünf Reizungen, eine jede von 3—5″ Dauer. Die erste derselben währte 5″ und bedingte einen 5″ dauernden, evidenten Inspirationstetanus. Die folgenden drei Reizungen hatten einen viel schwächeren Effekt als die erste und riefen nur energische Kontraktion der musc. submaxillares hervor; die fünfte Reizung dauerte 4″ lang und bei ihr erfolgte in der letzten Sekunde noch die Kontraktion der Schluckmuskeln.

Um 1h 37′ erfolgten drei spontane Athembewegungen des Thieres kurz hintereinander; seit 1h 4′ waren spontane Athmungen des Thieres nicht mehr beobachtet worden.

Um 1h 40′ n. vagus gereizt. Der Reizversuch dauerte 1′ lang; während dieser Zeit erfolgten sechs Reizungen, eine jede zu 2—4″. Die erste währte 4″ und bedingte einen 4″ dauernden Tetanus sämmtlicher Inspirationsmuskeln. Der Effekt der drei folgenden Reizungen war schwächer; die beiden letzten riefen nur die Kontraction beider musc. submaxillares hervor.

Um 1h 45′ n. vagus gereizt. Der Reizversuch dauerte 1′ lang; während dieser Zeit erfolgten 5 Reizungen, eine jede von 2—8″ Dauer. Die erste derselben währte 8″ und bedingte einen energischen Tetanus aller Inspirationsmuskeln für 8″ lang. Die folgenden Reizungen hatten nur schwächeren Effekt; die beiden letzten bedingten nur mässige Kontraktion beider musc. submaxillares.

Um 1h 50′ n. vagus gereizt. Es geschah nur eine Reizung von 5″ Dauer. Dieselbe bedingte eklatanten 5″ währenden Inspirationstetanus.

Um 1h 51′ wurde dem sehr ermatteten Thiere das Hirn-Rückenmark zerstört. Als der Frosch zu diesem Zweck losgebunden und aus der Rücken- in die Bauchlage gebracht wurde, erfolgten mehrere spontane Athembewegungen. Bei der Eröffnung des Canalis spinalis machte das Thier noch Abwehr-Bewegungen mit den Hinterbeinen, sonst aber erschien es sehr matt und kraftlos.

Um 1h 52½′ n. vagus gereizt. Die Reizung hatte keinen Effekt. Alle Muskelnerven der Oberextremität und der Kehle beantworteten ihre Reizung mit Muskelkontraktionen.

Es zeigen also diese Versuche, dass bei einem durch grossen Blutverlust geschwächten Frosche noch 80 Minuten lang nach der Herzexstirpation die Reizung des centralen Vagusendes das Athemcentrum zur energischen, inspiratorischen Thätigkeit anregt. Ob die Thatsache, dass am Ende des Versuches die Vagusreizung meist erst nach einer gewissen Reizpause wieder energischen Inspirationstetanus im Gefolge hat, auf Ermüdung des Nerven, auf

Digitized by Google

Ermüdung des Centralorgans oder auf irgend eine andere Ursache zurückzuführen ist, darüber liessen sich nur Vermuthungen aufstellen. Jedenfalls ist sicher, dass je schonender der Nerv präparirt wurde, desto länger und intensiver der inspiratorische Reizerfolg zur Beobachtung kam. So war z. B. bei Versuch III die Isolation des n. vagus in besonders schöner Weise gelungen und dem entsprechend der Erfolg der Reizung in prägnanter Weise zu beobachten.

Meine ursprünglichen Erwartungen wurden also durch das Ergebniss der mitgetheilten Versuchsreihe nicht bestätigt. Dasselbe drängte vielmehr unbedingt dazu, die frühere, allgemeinere Ansicht aufrecht zu halten, dass der Einfluss des gereizten Vagus auf das Athemcentrum durch direkte Beziehung zu den betreffenden Ganglienzellen zu Stande komme. Um indessen dem immerhin möglichen, wenn auch sehr wenig berechtigten Einwand entgegen zu treten, dass das in den Blutgefässen nach der Herzexstirpation noch restirende Blut durch die vasomotorische Action des respiratorischen Vagus in zu- und abströmende Bewegung zum noeud vital gerathe und so den in den vorigen Versuchen beobachteten Reizeffekt bedinge, unternahm ich noch folgendes Experiment:

Bekanntlich hat der Frosch einen so niedrigen Stoffwechsel, dass es gelingt, ohne das Leben des Thieres direkt zu beenden, die haemoglobinhaltige Blutflüssigkeit durch Kochsalzlösung zu verdrängen. Hat nun bei einem so hergerichteten Thiere, dessen Herz nur Kochsalzlösung durch die Organe treibt, die Reizung des n. vagus inspiratorischen Effekt, so ist die Nichtigkeit der Voraussetzung bewiesen, nach welcher die Beeinflussung der die Athmung beherrschenden Centralorgane durch Vaguserregung in der Art bedingt werden soll, dass die genannte Nervenreizung eine Veränderung in der Menge des Blutes resp. der Blutkörperchen setzt, welche den noeud vital in einer Zeiteinheit umspült. Exstirpirt man ferner einem solchen Salzfrosche das Herz und hat dann die Vaguserregung denselben inspiratorischen Effekt wie beim normalen Versuchsthiere, dann schwindet die Wahrscheinlichkeit nahezu vollständig, dass mit dem Wechsel in der Quantität der zu- und abströmenden Ernährungsflüssigkeit die Wirkung des gereizten Vagus auf die Athemzellen im noeud vital in Verbindung zu bringen sei.

Nach bekannter Methode wurde in das centrale Ende der vena abdominalis eines auf dem Rücken in passender Weise be-

Digitized by Google

festigten Frosches eine Kanüle eingebunden, mit welcher durch einen Gummischlauch ein graduirtes Rohr verbunden war. Dieses Rohr füllte ich bis zu 15 cm Höhe über der Bauchfläche des Thieres mit einer 0,5 % Kochsalzlösung. Während nun unter dem Druck dieser Wasserhöhe, welche zwischen 15 — 10 cm schwankte und unter Mitwirkung der Saugkraft des rechten Herzens die Kochsalzlösung in das Gefässsystem des Frosches eindrang, konnte das Blut allmählich durch das periphere Ende der angeschnittenen vena abdominalis ablaufen. Zuweilen aber genügte dieser eine Abzugskanal nicht, um ebensoviel Flüssigkeit abzulassen als einfloss und es ereignete sich dann, dass das Versuchsthier in hohem Grade wassersüchtig wurde. Das Oedem zeigte sich mir immer zuerst an der Innenseite der Oberschenkel und an den blosgelegten Brustmuskeln durch leichte Anschwellungen. Sobald ich diese bemerkte, sorgte ich für ein leichteres Abströmen der in den Gefässen cirkulirenden Flüssigkeit entweder durch erneutes Anschneiden des vielleicht verstopften peripheren Endes der bereits durchschnittenen vena abdominalis oder durch Eröffnung einer der ziemlich oberflächlich zwischen den Bauchmuskeln verlaufenden Seitenvenen. So war ich im Stande die Entwicklung eines irgend stärkeren Oedems bei dem Versuchsthier zu verhüten. Nachdem das Ausspülen des Frosches mit Kochsalzlösung 1½—2 Stunden gedauert hatte (die abfliessende Flüssigkeit wurde sehr bald nach Beginn der Ausspülung farblos) konnte die Präparation und Reizung des n. vagus beginnen.

Durch diesen ganzen, höchst energischen Eingriff wurden die Versuchsthiere sehr kraftlos, besonders dann, wenn hochgradiges Oedem bei der Ausspülung des Gefässsystemes mit Kochsalzlösung sich eingestellt hatte. Viele Thiere starben während der Vagusreizung; aber immer, so lange der Salzfrosch noch irgend lebendig erschien, konnte man vor und nach geschehener Herzexstirpation noch Kontraktion der Inspiratoren durch Vagusreizung erzielen. Nachdem ich gelernt hatte durch eine möglichst kleine Bauchwunde die Kanüle in die Vene einzubinden, die Injektion der Kochsalzlösung in sanfter Weise vor sich gehen zu lassen und ferner die Ausbildung grosser Oedeme zu verhindern, da gelang es mir auch lebenskräftigere Salzfrösche zu Versuchsobjekten zu erhalten[1]).

1) Die zu diesen und den früheren Versuchen benutzten Frösche

Digitized by Google

I.

Einem starken Frosche wurde um 11h 45′ in die Vena abdominalis centralwärts eine Kanüle eingebunden und mittelst derselben bei 15—10 cm. Wasserhöhe eine Injektion von .0,5 % Kochsalzlösung gemacht. Die Ausspülung des Gefässsystems war um 2h beendet. Im Ganzen waren 35 ccm. Flüssigkeit durch das Thier hindurch gespült worden. Mässiges Oedem der Oberschenkel liess sich konstatiren.

Um 2h wurde der n. vagus sin. präparirt, durchschnitten und sein centrales Ende für die Elektroden zugänglich gemacht. Bei dieser Operation konnte man sich von dem Mangel jeder irgend röthlich gefärbten Flüssigkeit im Körper des Frosches überzeugen.

Die elektrischen Reizungen des Nerven von 4—7″ Dauer und einem Rollenabstand von 17—15 cm. bedingten jedesmal energische Kontraktion der Kehl- und Schluckmuskeln, wenn sie in Reizpausen von 20—30—40 Sekunden einander folgten.

Um 2h 23′ exstirpirte ich dem Thiere das Herz. Auch jetzt bewirkte jede Reizung des Nerven bei 15 cm. Rollenabstand eklatante Kontraktion der Kehl- und Schluckmuskeln; die Dauer der einzelnen Reizungen betrug, wie in den vorigen Versuchen, 4—6″ und die Pause zwischen zwei Reizungen des n. vagus schwankte zwischen 30—60″.

Nachdem um 2h 42′ dasselbe Versuchsresultat konstatirt worden war, zerstörte ich dem Thiere das Hirn-Rückenmark. Jetzt hatte die Vagusreizung keinen Effekt mehr.

II.

Ein kräftiger Frosch wurde in bekannter Weise auf dem Rücken liegend befestigt. Um 12h war Alles fertig zur Injection der 0,5 % Kochsalzlösung in das centrale Ende der Vena abdominalis; dieselbe ging vor sich bei einem Druck von 15—10 cm. Wasserhöhe und wurde bis 2h fortgesetzt. In dieser Zeit waren 30 cc. Flüssigkeit verbraucht worden. Oedem war kaum vorhanden. Das Thier erschien nach beendeter Injektion ziemlich lebenskräftig und machte in grossen Intervallen spontane Athembewegungen.

Um 2h wurde die Präparation des n. vagus sin. begonnen. Um 2h 14′ erfolgte die erste Reizung des centralen Vagusstumpfes bei einem Rollenabstand von 17 cm.; dieselbe dauerte 5″ und hatte die Kontraktion der Kehl- und Schluckmuskeln für die ganze Reizungszeit im Gefolge. Auch die folgenden Reizungen des Nerven, bei einem Rollenabstand von 17—16 cm. und 2—5″ Dauer bedingten im Beginn des Versuchs bei den kürzesten Reizintervallen immer die energische Kontraktion der Inspiratoren für die ganze Dauer der Nerven-

---

stammten aus Köpenik, von wo ich sie Anfang November bezogen hatte. Die Versuche mit Salzfröschen wurden Ende November angestellt, so dass die Thiere Zeit hatten, sich von dem sie angreifenden Eisenbahntransport zu erholen. Die benutzten Frösche erschienen kräftig und blutreich.

Digitized by Google

reizung. Später aber reagirte das Athemcentrum nicht mehr so prompt und energisch auf die Reizung des centralen Vagusendes. Wenn innerhalb einer Zeit von 15″ drei bis vier Reizungen, jede von 2—5″ Dauer erfolgten, dann beantwortete das Athemcentrum eine jede dieser Reizungen mit der Kontraktion der Inspiratoren; dann aber war eine Zeit der Ruhe von 30—60″ nothwendig, um wieder inspiratorischen Erfolg auf Reizung des Nerven eintreten zu sehen.

Um 2h 33′ exstirpirte ich dem Salzfrosche das Herz. Auch jetzt bedingte die Reizung des centralen Vagusendes Inspirationstetanus; nur bedurfte der gereizte Nervenapparat öfter einer Reizpause von 30—60″ Dauer, um wieder mit Kontraktion der Inspiratoren die Vagusreizung zu beantworten.

Nachdem ich um 2h 54′ noch einen eklatanten Inspirationstetanus auf Reizung des n. vagus konstatirt hatte, zerstörte ich um 2h 55′ dem Thiere in angegebener Weise das Hirn-Rückenmark und nun hatte die Reizung des centralen Vagusendes keinen Effekt mehr. Auf Reizung anderer, motorischer Nerven erfolgte noch prompt und energisch die Kontraktion der betreffenden Muskeln.

Das Resultat meiner Versuche stimmt also ganz entschieden dafür, nur von einer direkten Beziehung der im Vagus verlaufenden inspiratorischen Athemnerven zum Athemcentrum zu sprechen und lässt kaum einen stichhaltigen Einwand übrig, welchen man gegen diese nunmehr fast zur gewissen Thatsache erhobene Annahme, zu Gunsten der vasomotorischen Natur des Vagus erheben könnte.

Diese direkte Wirkung des gereizten inspiratorischen Vagus auf die Ganglienzellen des noeud vital hätten wir uns nach der oben entwickelten Athmungstheorie der Art vorzustellen, dass durch die Erregung dieses Nerven der Stoffwechsel, d. h. die Produktion der hypothetischen, athemerregenden Substanz so gesteigert würde, dass der Reizzustand der betreffenden, producirenden Nervenzellen unausbleiblich ist. Entsprechend dieser Erklärung über die Art und Weise des Einflusses, welchen der gereizte inspiratorische Vagus auf das Athemcentrum ausübt, kommen auch viele andere Lebenserscheinungen des noeud vital zu Stande. So wird man sich die Beeinflussung des Athemcentrum durch den Willen in folgender Weise vorzustellen haben: der mittelst der Nervenfaser dem Centralheerde der Inspiratoren überbrachte Willensimpuls bedingt hier ohne die Vermittlung von Blutgefässen eine Veränderung in der Substanz der betreffenden Ganglienzellen. Diese Substanzveränderung, die Produktion des athemerregenden Stoffes, ist das Wesen der in diesen Zellen vor sich gehenden Reizung und pflanzt

Digitized by Google

sich ebenso als Reiz in der vom Centralorgan abgehenden Nervenfaser zum Athemmuskel fort, um hier eine Muskelkontraktion zu Wege zu bringen. Es liegt ferner nahe, die sogenannte reflektorische Erregung des noeud vital durch die Reizung sensibler Nerven in derselben Weise zu erklären. Man hätte dann anzunehmen, durch die Erregung jener Nerven würde die Produktion der in den Ganglienzellen des Athemcentrum bei Sauerstoffmangel fortdauernd sich bildenden, athemerregenden Substanz der Art in die Höhe gesetzt, dass eine Reizung resp. Kontraktion der Inspiratoren erfolgte.

Für diese Annahme, dass durch Erregung sensibler Nerven die Ganglienzellen des Athemcentrum in ihrer Lebensthätigkeit direkt, ohne Vermittlung der Blutgefässe beeinflusst werden, spricht unter anderem eine bereits erwähnte Beobachtung an Lungenkranken: Ein an Bronchitis capillaris erkranktes Kind sucht in einem gewissen Stadium der Affektion mit allen zu Gebote stehenden Hülfsmuskeln die unwegsam gewordenen Lungen auszudehnen. Bei dem bestehenden hochgradigen Sauerstoffmangel und Kohlensäureüberschuss wird sicherlich von Seiten des Gefässapparates das physiologisch mögliche geschehen sein, um kräftige Athembewegungen hervorzurufen und das Sauerstoffbedürfniss der Ganglienzellen im noeud vital zu befriedigen. Bessert sich nun trotz aller inspiratorischer Thätigkeit der Gaswechsel in den Lungen nicht, dann resultirt schliesslich die Insufficienz des Athemcentrum; das Kind macht trotz der bestehenden Sauerstoffnoth nur mehr oberflächliche energielose Inspirationen. Weder die Lungen-Vagusnerven, noch der übergrosse Sauerstoffmangel und Kohlensäureüberschuss sind mehr im Stande eine irgend ausreichende Aktion des nervösen Athemcentrum zu Wege zu bringen. Jetzt rufen energische Kälteapplikationen auf die Haut und besonders auf die bekannte Stelle im Nacken noch kräftige Inspirationen hervor. Bekanntlich hat Pflüger, von wohl konstatiften Thatsachen und Erfahrungen ausgehend, es als höchst wahrscheinlich hingestellt, dass der wache Zustand d. h. die Thätigkeit der grauen Hirnsubstanz zum grossen Theil abhängig sei von den kontinuirlich sie treffenden Erregungen der Empfindungsnerven. Denken wir uns in analoger Weise auch die Lebensthätigkeit der Ganglienzellen und mit dieser die Produktion der athemerregenden Substanz im noeud vital in gewisser Beziehung abhängig von den Erregungen sensibler Nerven, dann verstehen wir auch die Thatsache, dass alle Mo-

Digitized by Google

mente, welche die Erregung sensibler Nerven beschränken, die Athmungsenergie herabzusetzen im Stande sind. Das Ruhigerwerden der Athmung nach lauen Bädern, feuchten Einpackungen, während des Schlafes etc. finden denn zum grossen Theil hierin ihre Erklärung; ebenso auch die Zunahme der Athmungsenergie, welche bei einer künstlichen Steigerung der Erregung von Empfindungsnerven zur Beobachtung kommt. Ich erinnere an die Wirkung von Frottirung grosser Hautparthien mit nass-kalten Tüchern und an ähnliche Erregungen der Hautnerven, durch welche man eine Beschleunigung der Athemzüge hervorrufen kann. Ich stehe nicht an mit diesen Erscheinungen die oben beschriebene Beobachtung in Verbindung zu bringen, nach welcher heftige Inspirationen bei dyspnoeischen Personen mit oberflächlicher Athmung durch energische Hautnervenerregung ausgelöst werden und halte dafür, dass diese Erscheinungen nicht vom Blutgefässapparate aus, sondern dadurch bedingt werden, dass die Produktion der athemerregenden Substanz in den Ganglien des noeud vital durch Reizung bestimmter Empfindungsnerven gesteigert wird. Die Energie dieser Steigerung ist abhängig von der Intensität des Reizes und von der Beziehung der gereizten Nerven zum Athemcentrum. Denn nicht alle sensiblen Nerven beeinflussen in gleicher Stärke und in gleicher Weise die Thätigkeit der Ganglienzellen des noeud vital. Bekanntlich werden ja durch die Reizung gewisser sensibler Nerven nur exspiratorische Erscheinungen in der Thätigkeitsäusserung des Athemcentrum hervorgerufen.

Was nun die zweite Art der im Vagusstamme vereinigten Athemnerven, die sogenannten exspiratorischen Fasern betrifft, so gelang es mir nicht, ebenso wie für die inspiratorischen Nerven, die nichtvasomotorische Natur derselben beim Frosche zu beweisen; ich vermochte überhaupt nicht bei meinen Versuchen an diesen Thieren sicher zu konstatirende Exspirationen bei Vagusreizung zu beobachten. Nach meinen oben entwickelten, auf Experimentalergebnissen basirten Deduktionen liegt indessen kein Grund vor, diese exspiratorischen Nerven anders wohin als zu den nervösen Organen zu rechnen, deren Thätigkeit die Thätigkeit anderer, in direkter Verbindung stehender Nervenapparate herabsetzt oder aufhebt und welche gewöhnlich als Hemmungsnerven bezeichnet werden. Wie in den Ganglienzellen das Athemcentrum durch die Erregung jener exspiratorischen Nerven die Produktion der athem-

Digitized by Google

erregenden Substanz verhindert oder paralysirt werde und wie in weiterer Folge desselben Vorganges die Gruppe der Exspirationsmuskeln in Thätigkeit kommt, darüber liessen sich nur weitgehende Vermuthungen aufstellen. Die Innervation der Exspiratoren und die Sistirung der Inspiratoren muss aber normaliter durch dasselbe Moment hervorgerufen werden; nur in solcher Weise ist, wie ich glaube, die Thatsache zu erklären, dass die Thätigkeit der Inspiratoren und Exspiratoren zeitlich niemals zusammenfällt. Dass diese aktive, durch eine besondere Muskelgruppe bedingte Exspiration, ein mit der Thätigkeit des Athemcentrum in innigster Verbindung stehender Vorgang ist, scheint mir entgegen den Ausführungen Rosenbach's allein aus folgendem Ergebniss eines Versuchs von Rosenthal[1]) hervorzugehen: „Reizt man an einer Katze den nervus laryngeus sup. mit allmählich stärker werdenden inducirten Strömen, so sieht man nach der Reihe Folgendes: Zuerst wird die Athmung langsamer. Verstärkt man dann den Strom etwas, so hört die Athembewegung ganz auf und der Thorax bleibt in der Ruhestellung stehen, in welcher gar keine Muskelkontraktion stattfindet. Wird dann die Reizung noch mehr verstärkt, so erscheinen die bekannten kleinen Bewegungen des Thorax, welche (nach Rosenthal) entschieden auf die Thätigkeit exspiratorischer Thoraxmuskeln zurückzuführen sind. Bei ganz starker Reizung erfolgt schliesslich eine kräftige Zusammenziehung der Exspiratoren, vorab der Bauchmuskeln." Durch die Reizung eines und desselben Nerven werden also sowohl die Inspiratoren zur Ruhe gebracht, als auch mit wachsender Reizstärke die Exspiratoren der Reihe nach angeregt. Für diese Thatsache gibt es verschiedene Erklärungsmöglichkeiten: 1) In dem nervus laryngeus sup. verlaufen zwei Arten von Nervenfasern. Die einen werden bereits durch schwache Ströme erregt und hemmen die Inspiration, die anderen reagiren erst auf stärkere Ströme und bedingen die Thätigkeit der Exspiratoren. 2) Die im nervus laryngeus sup. verlaufenden sogenannten exspiratorischen Nerven haben alle ein und denselben im Athemcentrum gelegenen Endapparat. Die Thätigkeit desselben bedingt in erster Linie die Fortschaffung des Inspirationsreizes und in der weiteren Folge die Excitation der Exspiratorengruppe. Wir entscheiden uns für die zweite, wahrscheinlichere Erklärungsmöglich-

1) Rosenthal: Athembewegungen 1862, Cap. X.

Digitized by Google

keit und erkennen als den Endapparat dieser im laryngeus sup. verlaufenden (sowie noch anderer) exspiratorischen Nerven, bestimmte Ganglienzellen im noeud vital.

Wenn nun so die Richtigkeit der Annahme kaum bezweifelt werden kann, dass die primäre Erregung der Ganglienzellen des Athemcentrums nicht im Blute zu suchen sei, sondern durch die eigene Lebensäusserung der centralen Athemzellen bei Sauerstoffmangel bedingt werde und wenn ferner der Beweis, so weit als irgend thunlich, erbracht worden ist, dass der nervus vagus inspiratorius nur in direkter Weise das Athemcentrum beeinflusst, so hat doch die Thatsache die grösste Bedeutung, dass die Nervenzellen des noeud vital, als Körperorgan gedacht, den Zweck haben, in ihren Lebensäusserungen ungemein abhängig zu sein von dem sauerstoffhaltigen Nährmaterial, mit welchem sie von ihren Gefässen aus versorgt werden. Wenn wir dieses Moment mit der Thatsache zusammenhalten, dass die Blutgefässe des Athemcentrums wie alle Körperblutgefässe einer aktiven Verengerung und Erweiterung fähig sind, dann müssen wir zugeben, dass in dieser Fähigkeit der Blutgefässe der medulla oblongata (ihr Lumen und so auch das Flüssigkeitsquantum zu verändern, welches sie in einer bestimmten Zeiteinheit durch sich passiren lassen), ein Mittel gelegen ist das Athemcentrum in besonderer Weise zu beeinflussen. Abgesehen von allen theoretischen Betrachtungen zeigt am besten und klarsten ein von Filehne[1]) angegebenes Experiment, wie die Verminderung und wie die Vermehrung der sonst unveränderten, zum noeud vital hinströmenden Blutmenge aufs Athemcentrum zu wirken im Stande ist: „Legt man an einem Kaninchen den truncus anonymus und die arteria subclavia sinistra frei und führt Seidenfäden unter beiden Gefässen her (bei letzterer geschah dies hart am arcus aortae, also central vor dem Abgange der arteria vertebralis sinistra), so kann man durch Emporheben derartiger Fadenschlingen beim Kaninchen das Lumen der betreffenden Gefässe an der gehobenen Stelle beliebig bis zum völligen Verschwinden verkleinern.

Da sämmtliche zum Gehirn gehende Arterien, beide Carotiden und beide art. vertebrales peripherisch von den komprimirten Stellen liegen, so ist man auf die angegebene Weise thatsächlich im Stande

1) Ueber das Cheyne-Stokes'sche Athmungsphänomen pag. 29 u. folg.

Digitized by Google

die Blutzufuhr zum Gehirn nach Belieben zu reguliren. Sobald man nun die Schlingen emporhebt wird die Athmung allmählich tiefer und tiefer und bei einem mehrere Sekunden dauernden vollständigen Gefässverschlusse tritt Dyspnoe auf. Lässt man dann durch Senken der Schlingen rechtzeitig die Kompression allmählich aufhören, so werden die Inspirationen nach und nach flacher und hören schliesslich ganz auf, nachdem die Gefässe in ihre natürliche Lage und Füllung gebracht worden sind. Der Zeitraum, innerhalb dessen das Thier ohne zu athmen daliegt, beträgt bis zu einer Minute." Weder Filehne noch auch Rosenbach, welcher nach eigener Angabe sehr oft das Filehne'sche Experiment wiederholt hat, geben an, irgend jemals beim Emporheben der Fadenschlingen d. h. bei der allmählichen Verminderung des Blutzuflusses zur medulla oblongata eine Verlangsamung der Athmung im Sinne der Exspiration gesehen zu haben. Grade dieses Experiment spricht also entschieden gegen die Anschauung Rosenbachs, nach welcher bei Blutgefässverengerung eine Abnahme des Inspirationsreizes und zwar dadurch erfolgen soll, dass die Verminderung der das Athemcentrum durchströmenden Blutquantität auch eine Verminderung des im Blute resp. den Blutkörperchen enthaltenen Inspirationsreizes mit sich bringe.

Ausser dieser der Experimentalphysiologie entlehnten Beobachtungsthatsache, existiren noch manche genau studirte Krankheitserscheinungen, welche für meine Ansicht sprechen, dass die Gefässverengerung im noeud vital nicht wie Rosenbach es will, den Inspirationsreiz vermindere resp. fortschaffe, sondern im Gegentheil den Reizzustand des nervösen Athemcentrum bedinge und vergrössere. Ich erinnere zunächst an die von Filehne so plausibel gemachte Erklärung des Cheyne-Stokes'schen Athmungsphänomen, welches aller Wahrscheinlichkeit nach, abgesehen von den vorhandenen Erregbarkeitsveränderungen im nervösen Athemcentrum, in erster Linie auf eine durch Blutgefässverengerung im noeud vital bedingte Steigerung des Inspirationsreizes zurückgeführt werden muss. Besonders instruktiv bei den bezüglichen therapeutischen Versuchen Filehne's ist die Thatsache, dass eine durch Amylnitrit bedingte Erweiterung der Hirngefässe, das Cheyne-Stokes'sche Athmungsphänomen d. h. den periodisch auftretenden gesteigerten Inspirationsreiz, prompt zu beseitigen vermochte.

Digitized by Google

Ferner sind hier zur Klärung des Verhältnisse jene Fälle von Inspirationskrampf zu berücksichtigen, deren ich[1]) einen vor Kurzem beschrieben habe und die sicherlich einzig und allein auf Gefässverengerung im noeud vital zurückzuführen sind.

Bei leichten Ohnmachtsanfällen, wie sie der Arzt und besonders der Chirurg oft zu beobachten Gelegenheit hat, sieht man mit dem Bleicherwerden des Gesichts und der sichtbaren Schleimhäute immer eine dyspnoeische Steigerung, nie eine apnoeische Verlangsamung der Athemfrequenz eintreten. Bedingt man unter diesen dyspnoeischen Athemverhältnissen z. B. durch horizontale Lagerung des vorher aufrecht sitzenden Patienten gesteigerten Blutzufluss zum Gehirn und speciell zur medulla oblongata, dann wird mit dem Erwachen aus der Ohnmacht der Athem ruhiger und die Dyspnoe verschwindet.

Die Thatsache, welche Rosenbach[1]) zur Stütze seiner Theorie anführt, dass bis zu einem gewissen Grade bei grösserer Blutmenge auch schneller ein bedeutender Grad von Dyspnoe eintritt als bei geringerer Blutmenge (namentlich bei Verringerung der rothen Blutkörperchen) erklärt sich meines Erachtens am einfachsten in folgender Weise: Bei grosser Blutmenge ist die vitale Energie der gut genährten Zellen gross, es wird viel Sauerstoff konsumirt und viel sauerstoffbedürftige, reducirende Substanz geschaffen; die Differenz zwischen Arbeitsleistung der Lungen und Sauerstoffkonsum der Zellen ist so klein, dass wenig Sauerstoffvorrath in die Gewebe abgelagert werden kann. Verbrauch und Produktion decken sich nahezu, trotzdem die Produktion fast ständig ihrer oberen Grenze nahe steht. Bei Blutreichthum ist daher das Athembedürfniss verhältnissmässig gross, weil die Lebensenergie alles Zellgewebes viel Sauerstoff beansprucht. Mir sind aus der Pathologie nur Fälle bekannt, in welchen Athembeklemmung durch Aderlass zunächst nur desshalb gemindert wurde, weil mit der Blutentziehung eine Entlastung des Herzens, eine Besserung der Cirkulation sich einleitete, entweder für das ganze Gefässsystem oder nur für bestimmte Theile desselben, wie Gehirn, Lungen etc.

Ist der Sauerstoffgehalt des Gesammtblutes gering in Folge

1) Deutsche medic. Wochenschr. 1877. Nr. 32 und 33.

2) l. c. p. 133.

Digitized by Google

von Sauerstoffverbrauch während des Stoffwechsels der verschiedenen Organe oder in Folge von mangelhafter Sauerstoffzufuhr, dann wird selbst bei Blutreichthum in der medulla oblongata das Sauerstoffbedürfniss der Ganglienzellen daselbst unbefriedigt bleiben und wegen jener Nichtbefriedigung die Produktion der athemerregenden Substanz d. h. die Reizung des Athemcentrums in erhöhtem Maasse erfolgen. Umgekehrt gibt es Verhältnisse, unter welchen selbst bei Blutarmuth in der medulla oblongata, dennoch die Erregung des Athemcentrums verhältnissmässig gering ausfällt. Zunächst gehören hierher das Langsamer- und Ruhigerwerden der Athmung beim Schlaf und den ihm verwandten Zuständen. Wenn während derselben die Lebensenergie des gesammten Organismus und vorab diejenige des Nervensystems gesunken ist und die Füllung der Hirngefässe nachlässt, dann sinkt auch gleichzeitig das Sauerstoffbedürfniss der Ganglienzellen des Athemcentrums der Art, dass selbst ein kleiner Sauerstoffvorrath genügt, um dasselbe zu befriedigen.

Ferner erinnere ich hier an gewisse pathologische Zustände von chronischer Anämie. Bei derselben ist bei ruhigem Verhalten des Kranken ohne Ansprüche an die Leistungsfähigkeit seiner Organe das Athembedürfniss desshalb gering, weil die vitale Energie, die Stoffmetarmophose der Zellengewebe und vorab auch wohl diejenige des Athemcentrums so gesunken ist, dass selbst die geringe Quantität sauerstoffhaltigen Nährmaterials hinreicht, um den Anforderungen der Ganglienzellen des noeud vital zu genügen.

So sind es also überall zwei Momente zusammen, welche den Grad der Thätigkeitsäusserung des Athemcentrums bestimmen: die Lebensenergie der Ganglienzellen des noeud vital und der Sauerstoffvorrath, welcher diesen Zellen zur Abwicklung ihrer Lebensprocesse von den betreffenden Blutgefässen aus zu Gebote gestellt wird.

Digitized by Google

Notiz über den Einfluss der Vagusreizung auf die Athmung.

Von

Dr. Ottomar Rosenbach
in Breslau.

In meiner Arbeit „Studien über den nervus vagus" bin ich zu dem Schlusse gelangt, dass die elektrische Reizung des centralen Vagusstumpfes stets Stillstand des Zwerchfells in Exspirationsstellung bewirke und dass demnach im vagus und seinen Aesten nur exspiratorisch wirkende Impulse geleitet werden. Dieses Resultat hatte ich durch Palpation des Zwerchfells während der Reizungsdauer erhalten, da ich aus verschiedenen Gründen dieser Untersuchungsmethode den Vorzug vor der Inspektion geben zu müssen glaubte.

Von Herrn Professor Heidenhain auf die Unsicherheit dieses Verfahrens aufmerksam gemacht, habe ich unter freundlicher Unterstützung von Seiten des genannten Herrn die Versuche von neuem aufgenommen und habe die Ueberzeugung erlangt, dass in der That die von mir geübte Methode mich zu einer irrthümlichen Annahme über die Vorgänge am Zwerchfell veranlasst hat.

Bei der Reizung des centralen Vagusendes nämlich steht das Zwerchfell sofort in einem gewissen Contraktionszustande still, bei Nachlass der Reizung aber erfolgt dann oft eine maximale Contraction, d. h. es tritt eine tiefe Inspirationsstellung ein. Ich habe nun, gestützt auf die Methode der Palpation, den Stillstand des Diaphragma, auf welchen beim Nachlassen des Reizes noch ein Herabtreten desselben erfolgt, für eine Exspirationsstellung und die folgende Maximalcontraction für eine sich naturgemäss anschliessende Inspiration gehalten, während die Inspektion ergiebt, dass auch jener Stillstand des Zwerchfells bei contrahirten Bündeln erfolgt, dass also stets eine Inspirationsstellung des Muskels bei centraler Reizung des vagus eintritt.

Digitized by Google

Von diesem Faktum habe ich mich auf das bestimmteste überzeugen können, und muss demgemäss der von Traube und Rosenthal vertretenen Ansicht beipflichten, dass im Vagusstamme hauptsächlich inspiratorische Reize geleitet werden und dass nur durch die stärksten Ströme Exspirationsstellung des Zwerchfells bewirkt wird.

Was die von mir aufgestellte Theorie der Athmung anbetrifft so muss diese naturgemäss durch diese Aenderung meiner Anschauungen einige Modificationen erleiden, die ich mir kurz anzudeuten erlaube in der Hoffnung, dass ich meine Annahme später durch Experimente werde stützen können.

Der vagus ist der vasomotorische Nerv der med. obl. und führt verengende und erweiternde Fasern. Das die pulmonalen Vagusfasern umspülende Blut übt einen beständigen centripetal geleiteten Inspirationsreiz aus. Die mit der Inspiration verknüpfte Zerrung der pulmonalen Vagusfasern verhindert durch mechanische Leitungsunterbrechung die Fortleitung jenes continuirlichen Reizes und der Fortfall dieses Reizes bewirkt in der medulla obl. ein Nachlassen der Inspirationsinnervation, also eine Exspiration. Eine zweite Möglichkeit wäre die, dass jener mechanische Reiz hauptsächlich die exspiratorischen Vagusfasern erregt, und dass dadurch die auf jede Inspiration folgende Exspiration bedingt sei. Beide Möglichkeiten lassen sich mit den Ergebnissen der Forschungen von Hering und Breuer gut in Einklang bringen; doch scheint mir die erstere Annahme die wahrscheinlichere, da sie auch in anderen Thatsachen eine Stütze findet.

Digitized by Google

(Aus dem physiologischen Laboratorium in Zürich.)

Ueber electrophysiologische Verwendung des Telephons.

(Anhang zu den Untersuchungen über die Actionsströme.)

Von

L. Hermann.

Die grosse Empfindlichkeit des Telephons gegenüber äusserst schwachen Inductionsströmen, welche ich häufig bemerkt hatte, brachte mich auf den Gedanken, ob das Telephon nicht verwendbar sei um die durch die Actionsströme im tetanisirten Muskel bewirkten Stromesschwankungen zu beobachten. Es würde dies zu den schon vorhandenen rheoscopischen Vorrichtungen einen nicht unerwünschten Zuwachs gewähren. Denn während das Galvanometer unübertrefflich ist zur Feststellung der Richtung, Intensität, Kraft etc. beständiger Ströme, das physiologische Rheoscop durch den Nachweis plötzlicher Schwankungen, hätten wir im Telephon nicht bloss ein zweites Mittel rasche Stromesschwankungen zu beobachten, sondern wir könnten durch die gehörte Tonhöhe auch die Frequenz der Stromesschwankungen messen, also die Forschung nach einer neuen Richtung ausdehnen. In wie weit diese Möglichkeit vor der Hand Aussicht auf Erfüllung hat, mögen die folgenden Versuche lehren.

Stellt man einen gewöhnlichen, mit Wagner'schem Hammer spielenden, durch 1 Daniell getriebenen du Bois'schen Magnetelectromotor in einem entfernten Zimmer auf, und verbindet die secundäre Spirale mit dem Telephon, so hört man bei ganz aufgeschobener Spirale das Spiel der Feder schon in der Entfernung mehrerer Fusse vom Telephon, und wenn ich nicht irre ist dieser Umstand schon practisch zum Anrufen bei der telephonischen Correspondenz benutzt worden. Entfernt man die secundäre Spirale mehr und mehr von der primären, so wird das Schnurren schliesslich nur beim Anlegen des Telephons ans Ohr hörbar, und bleibt hörbar für meinen Apparat bis zu dem enormen Rollenabstand von 1400 cm. Eingeschaltete grosse Widerstände vermindern natür-

Digitized by Google

lich den nöthigen Rollenabstand; ein eingeschalteter Froschmuskel (mit Kupferdrahtringen abgeleitet) auf 1000, ein menschlicher Vorderarm (mit den oben p. 411 erwähnten Seilelectroden abgeleitet) auf 1300 cm, ein 1 cm langes Stück Froschnerv zwischen den Platinblechen einer du Bois'schen Reizröhre auf 500 cm. Um das leiseste Telephongeräusch noch zu hören, muss man einen Schlüssel als Nebenschliessung zum Telephon haben und denselben (geräuschlos) abwechselnd öffnen und schliessen. Dies Verfahren wurde in allen folgenden Versuchen angewandt.

Von nächstem Interesse ist es nun, die Empfindlichkeit des Telephons und des stromprüfenden Froschnerven für schwache Inductionsströme zu vergleichen. Dies geschieht, indem man Nerv und Telephon hintereinander in den Kreis der secundären Spirale einschaltet. Die Empfindlichkeit des Telephons ist (für mein Ohr) regelmässig um ein gewisses grösser. Liegt z. B. der maximale Rollenabstand für den Tetanus bei 450, so liegt der für das Telephon bei 500 cm.[1])

Hiernach schien grosse Aussicht vorhanden diejenigen tetanischen Actionsströme, welche stark genug sind den Nerven zu erregen, d. h. secundären Tetanus zu erzeugen, auch durch das Telephon zu hören.

Dies ist trotzdem, wie das Folgende zeigt, ungeachtet der umfassendsten Versuche, nicht möglich gewesen.

Die ersten Versuche bestanden darin, einen Froschunterschenkel vom Nerven aus mit Inductionsströmen zu tetanisiren und die Muskeln mit dem Telephon zu verbinden. Hierzu dienten, da ja Polarisation und Ungleichartigkeit für rasche Wechselströme nichts zu sagen haben, einfach Kupferdrähte, die um den Unterschenkel an der dicksten Stelle und am Fussgelenk nach Art der Fadenelectroden umgelegt wurden. In der That hörte ich gleich in den ersten Versuchen ganz deutlich während des Tetanus ein schnurrendes Geräusch. Allein sofort fand sich, dass dasselbe keineswegs von Actionsströmen, sondern von unipolaren Wirkungen[2]) der er-

1) Sieht man von dem durch das Prüfungsmittel eingeführten Widerstand ab, d. h. vergleicht man die Leistungsfähigkeit beider Prüfungsmittel für den Nachweis der Inductionsströme in einer Drahtspirale, so ist natürlich das Telephon unvergleichlich empfindlicher als der Nerv; denn für ersteres liegt die Grenze bei 1400, für letzteren bei 450 cm Rollenabstand.

2) Hier sei erwähnt, dass das Telephon auf unipolare Inductionswir-

Digitized by Google

regenden Inductionsströme herrührte. Wurde nämlich der in der Reizröhre steckende Nerv dicht am Muskel unterbunden, so blieb bei der Reizung weder Tetanus noch Schnurren aus. Wurde die secundäre Spirale so weit zurückgezogen, dass der Tetanus ausblieb, so hörte auch das Schnurren auf. So oft die Reizströme so schwach gewählt wurden, dass die Unterbindung des Nerven den Tetanus aufhob, hörte man auch mit dem vom Muskel ableitenden Telephon nicht das Geringste.

Für die folgenden Versuchen wurde nun, um die Gefahr unipolarer Wirkungen zu vermindern, erstens statt der feuchten Reizröhre, deren Electroden zu weit unten liegen, einfache Zinkdrahtelectroden von sehr geringem gegenseitigen Abstande angewandt, auf welche das oberste Ende des Nerven aufgelegt wurde, zweitens war die untere Electrode stets mit dem Metall der Gasleitung leitend verbunden. Das Präparat befand sich in einer feuchten Kammer. Ferner wurde, um neben der Wirkung auf das Telephon auch die auf einen stromprüfenden Nerven zu beobachten, eine Wippe ohne Kreuz benutzt, welche gestattete die Ableitungsstellen des Muskels abwechselnd mit dem Telephon und mit dem Nerven eines gut isolirten Froschunterschenkels zu verbinden. Endlich geschah zur grösseren Sicherheit in den meisten Fällen die Ableitung vom Muskel mit Fadenschlingen und unpolarisirbaren Electroden. Niemals gelang es mir mit dem Telephon etwas von den Actionsströmen zu hören, ausser wenn die Bedingungen so modificirt wurden, dass unipolare Wirkung eintrat (starke Reizströme, lange Reizstrecke, Oeffnung der Ableitung zur Erde u. dgl.). Secundärer Tetanus trat dagegen schon bei mässiger Reizung und bei absolut sicherem Ausschluss unipolarer Wirkungen ein.

Bei dem oben angegebenen Empfindlichkeitsverhältniss zwischen Telephon und Nerv ist diese Thatsache auffallend, und deshalb, obgleich ein negatives Resultat, der Mittheilung werth. Es scheint aus ihr hervorzugehen, dass die Curve des zeitlichen Verlaufs der Actionsströme zur Erregung des Telephons wenig geeignet ist, jedenfalls viel weniger als zu der des Nerven.

---

kungen sehr deutlich reagirt; unterbricht man bei aufgeschobener Rolle den Kreis, so hört man trotzdem noch; berührt man das von der Unterbrechungsstelle zum Telephon führende Drahtende ableitend, so wird das Hören deutlich verstärkt.

Digitized by Google

Aetzung des Sehnenspiegels, welche bekanntlich die abwechselnd gerichteten und sich störenden Actionsströme in einsinnige verwandelt, machte trotzdem das Telephon nicht wirksam. Auch eine eingeschobene Induction (vgl. oben p. 314) mittels einer doppeldrähtigen Rolle, welcher man aus gewissen Gründen für unsern Fall eine günstige Wirkung zutrauen konnte, war ohne Erfolg.

Bei dem grossen Widerstande des Muskels war möglicherweise die Drahtspirale des Telephons (ein Siemens'sches von 55,1 Einheiten) zu windungsarm, obgleich oben angegeben ist, in wie geringem Grade die Wirkung der Inductionsströme durch einen eingeschalteten Froschmuskel geschädigt wird. Ich schob deshalb eine Hydrorolle der Wiedemann'schen Boussole über den Holzcylinder des Telephons und leitete die Ströme zu dieser statt zur Telephonrolle. Es zeigte sich dass diese Modificirung des Telephons für sehr grosse eingeschaltete Widerstände, z. B. den eines Nerven, entschieden günstig ist, trotz der wenig günstigen Lage der Spirale zu Magnetpol und Membran. Noch wirksamer wurde das Hydrorollen-Telephon, als ich zur Boussolrolle ein hölzernes Futter drehte, einen Telephonmagnet in dessen Axe einpasste und den Hörwulst mit angekitteter Membran auf dem Futter befestigte. Obgleich dies Telephon für den Fall grosser Widerstände deutliche Mehrleistungen zeigte, konnte ich doch auch mit ihm nichts von den Actionsströmen des Muskels hören[1]).

Es war endlich noch denkbar, dass die Actionsströme nur deshalb nichts hören liessen, weil ihre Frequenz zu gering, der hervorgebrachte Ton also zu tief war um gehört, resp. um bei so grosser Schwäche gehört zu werden. Ich liess deshalb den Strom in der primären Rolle des Inductionsapparats statt durch den Wagner'schen Hammer durch eine electromagnetische Stimmgabel unterbrechen, in deren Kreis die Spirale eingeschaltet wurde. Auch

1) Bei dieser Gelegenheit seien noch folgende Beobachtungen erwähnt. Die Ströme des Inductionsapparates hört man auch dann noch vollkommen deutlich, wenn man sie, statt dem Telephon, einer leeren Hydrorolle zuleitet und das Ohr dicht an letztere hält. Man hört hier offenbar nur die Molecularbewegungen im durchflossenen Leitungsdraht, was für die Deutung des Muskelgeräusches von Interesse ist. Das Hören wird bedeutend verstärkt durch Anbringung einer Eisenmembran, noch mehr durch Eisenmembran und weicheisernen Kern, noch mehr endlich in dem Augenblick wo an das andere Ende dieses Kerns ein Pol eines Stahlmagneten gehalten wird.

Digitized by Google

dies blieb erfolglos, allein ich überzeugte mich, indem ich das Telephon direct mit der secundären Spirale verband, dass die Stimmgabel keineswegs so frequente Unterbrechungen am Quecksilber macht als ihrem Eigenton entspricht, man hört mit dem Telephon ein viel tieferes Geräusch als der Stimmgabelton. Offenbar wird die Stimmgabel eben nur durch Unterbrechungen von der Frequenz etwa des Wagner'schen Hammers in Schwingung erhalten, ohne dass mit jeder ein Schluss und eine Oeffnung verbunden ist; sie verhält sich ganz so wie die höheren Stimmgabeln im Helmholtz'schen Vocalapparat. Der Versuchszweck konnte also so nicht erreicht werden, und man sollte sich fortan auf die Leistungen acustischer Stromunterbrecher nie ohne Prüfung mit dem Telephon verlassen.

Um nun mit Sicherheit sehr frequente Reizungen zu erhalten, magnetisirte ich zwei Stimmgabeln von 256 und 512 Schwingungen bis zur Sättigung mittels eines enorm kräftigen Ruhmkorff'schen Electromagneten, und liess sie angestrichen einer Hydrorolle nähern, die in einem andern Zimmer stand und mit dem Froschnerven verbunden war. Der sehr kräftige Tetanus gab aber auch jetzt keine hörbaren Actionsströme.

Nicht glücklicher war ich mit den Actionsströmen des Menschen. Vom menschlichen Vorderarm wurde mit Seilelectroden in der oben p. 411 angegebenen Weise abgeleitet. Weder bei willkürlichem noch bei heftigem künstlichem Tetanus vom Plexus brachialis aus war etwas zu vernehmen, ausser wenn die Ströme so stark genommen wurden, dass der Verdacht auf Stromschleifen oder unipolare Wirkungen gerechtfertigt war. Ein Theil dieser Versuche wurde mitten in der Nacht, und zwar nach $3^1/_2$ stündigem Schlafe vorgenommen, weil ich vermuthete, das Ohr würde, analog dem Auge, durch längere Ruhe scharfhöriger werden. Ich fand übrigens meine Empfindlichkeit (nach dem Rollenabstand, wie oben, ungefähr bemessen, — genau können solche Messungen begreiflich nie sein, schon weil das Telephon nie in gleicher Weise dem Ohr anliegt) nicht grösser als sonst, vielleicht weil zugleich die subjectiven Geräusche des Kreislaufs etc. ebenfalls stärker hervortreten.

Obgleich demnach alle Versuche, Actionsströme mit dem Telephon zu hören, negative Resultate gaben, ist es doch noch nicht ausgemacht, ob nicht empfindlichere Ohren etwas hören, und besonders ob nicht Veränderungen des Telephons für den genannten

Digitized by Google

Zweck sich wirksam erweisen werden. Die Veränderungen, mit denen jetzt die Techniker beschäftigt sind, haben ja ebenfalls den Hauptzweck, das Instrument grösseren Leitungswiderständen anzupassen. Vielleicht kann auch noch der Schalltrichter verändert werden, dessen Form augenblicklich ein Compromiss ist zwischen den geeignetsten Formen für Sprechen und für Hören; wo es nur auf letzteres ankommt, lässt sich vielleicht noch etwas gewinnen.

So wenig das Telephon meine Erwartungen bezüglich der Actionsströme erfüllte, so leicht ist es, mit ihm den ruhenden Muskelstrom hörbar zu machen, was freilich vor der Hand nur das Interesse einer Curiosität hat. Man legt einem angeätzten oder durchschnittenen Muskel in wirksamer Anordnung unpolarisirbare Electroden an, und schaltet in den Kreis das Telephon und ein (wegen des Geräusches beim Drehen) in einem andern Zimmer stehendes Blitzrad ein. Beim Drehen hört man dann ganz kräftig ein den Unterbrechungen entsprechendes Geräusch. Dass wirklich der Muskelstrom die Ursache ist, ergiebt sich sofort daraus, dass man nichts mehr hört, wenn man vom Muskel in unwirksamer Anordnung ableitet, oder nach Ausschaltung des Muskels die Electroden zusammenschiebt. Sehr gross ist auch die Empfindlichkeit des Telephons gegen Thermoströme. Man schalte z. B. in den Kreis einer Heidenhain'schen Myothermosäule ein Telephon und ein in einem andern Zimmer stehendes gedrehtes Blitzrad ein. Man braucht dann nur der einen Löthstellenfläche einen Finger zu nähern, um ein kräftiges Geräusch zu hören.

Zürich, 3. Februar 1878.

Digitized by Google

(Aus dem physiologischen Laboratorium in Zürich.)

Zur Kenntniss der Functionen des Rückenmarkes.

Von

Dr. B. Luchsinger,
Professor der Physiologie an der Thierarzneischule;
Assistent am physiol. Laboratorium in Zürich.

(Hierzu Taf. VIII.)

Einleitung.

Die Nervenfasern des centralen Nervensystems zeigen in ihrer zeitlichen Anlage sehr beträchtliche Verschiedenheiten — eine Thatsache von weittragendster Bedeutung.

Kupffer gehört die fundamentale Entdeckung, dass zu allererst gerade jene Bahnen sich bilden, welche das centrale Höhlengrau mit der Peripherie verbinden. Erst viel später, gleichfalls in sehr bemerkenswerther Reihenfolge treten Faserzüge auf, welche verschiedene Höhen des Centralmarks unter sich verknüpfen.

Als einfachstes Corollar ergibt sich eine andere morphologische Thatsache. Die vordern Wurzeln begeben sich durch die weisse Fasersubstanz des Rückenmarks hindurch direct zur grauen Masse der Vorderhörner und treten durch Nervenfortsätze in unmittelbare Verbindung mit den hier gelegenen Nervenzellen. Diese sind somit als Ursprungsstellen der vordern oder centrifugalen Wurzelfasern anzusehen.

Wir haben aber nicht den geringsten Grund, diesen morphologisch einander so durchaus gleichen Nervencentren der Vorderhörner irgendwelche tiefere Verschiedenheit in physiologischer Reaction zuzuschreiben. Ihre verschiedenen specifischen Energien dürften sich genügend aus ihrer verschiedenen Verknüpfung mit peripheren Apparaten ergeben, Verschiedenheiten ihrer Erregbarkeit gegen einunddenselben Reiz dürften sich aus deren verschiedener Bedeutung für die Oekonomie der Thiere mit Leichtig-

Digitized by Google

keit ableiten; aber stets werden doch all diese Nervenzellen für irgendwelchen Reiz sich fundamental identisch, höchstens quantitativ verschieden verhalten und sind namentlich keine specifische, nur gewisse dieser Zellen ganz ausschliesslich angreifende Reizmittel denkbar.

Jene charakteristischen Eigenschaften des Centralmarks — Automatie und Reflexfähigkeit — sind eben wohl jeder einzelnen dieser Nervenzellen immanent, und spielt damit jede centrale Endigung centrifugaler Nerven im Rückenmarke gerade so wie im Hirn die Rolle eines nächsten Centrums für jene periphere Leistung. In solchem Sinne verstehe ich jene 1853 von Pflüger[1]) gegebene Darstellung.

Durchblättern wir die Schriften älterer Zeit, so finden wir zwar schon sehr frühzeitig die ersten Anfänge dieser Auffassung. Schon Prochaska liess die Rumpfnerven im Rückenmark als in einem Centrum enden und drückte sich Anfangs dieses Jahrhunderts der vielverdiente César Legallois[1]) noch viel eingehender aus. „Nicht allein hängt das Leben des Rumpfes im Allgemeinen von dem Rückenmarke ab, sondern das Leben eines jeden Theiles speziell von der Partie, aus welcher die Nerven dieses Theiles entspringen.“ Allein gleichwohl ist unsere Auffassung auch jetzt immer noch bemüht, sich allgemeinere Beachtung zu verschaffen.

Vor Allem waren ihr eine Reihe thatsächlicher Angaben aus den verschiedensten Specialgebieten der Forschung durchaus ungünstig.

Die allgemeinen Krämpfe, wie sie der Verblutung folgen, sollten nicht, wie ursprünglich Marshall Hall angab, von einer dyspnoischen Erregung des gesammten Rückenmarkes abhängen, sondern ausschliesslich nur von einer engumschriebenen Stelle der med. oblongata und der Brücke; das Rückenmark selbst sollte hiebei also keineswegs als Theil des Centralmarks fungiren, vielmehr nur die Rolle eines blossen Leiters spielen.

Und in voller Uebereinstimmung damit spricht man noch jetzt von einer ganzen Reihe höchst merkwürdiger Gifte, die eine

---

1) Pflüger, die sensorischen Functionen des Rückenmarks etc.; Berlin 1853.

2) Oeuvres de Legallois, Paris 1824, I, 62.

Digitized by Google

ganz specifisch reizende Wirkung allein auf eben jene reizbaren Bezirke des Hirns ausüben, das Rückenmark aber völlig in Ruhe lassen sollten. Erst in der neuesten Zeit noch ist diese Gruppe in Folge dieser ihrer seltsamen Eigenthümlichkeit mit dem unglücklichen Namen der Hirnkrampfgifte belegt worden.

Bis vor Kurzem galt jene Lehre, die allein dem verlängertem Marke tonische wie reflectorische Centren für die Innervation der Gefässwand zuerkannte, ganz allgemein und findet dieselbe auch jetzt noch eifrigste Verfechter.

Ebenso sollten mit einer Durchschneidung des Rückenmarks die centralen Innervationen von Blase, Penis, Mastdarm definitiv vernichtet, die wirksamen Herde also einzig oberhalb des Schnittes gelegen sein.

Erst 1874 gelang es Goltz, den Bann dieser Thatsachen zu brechen, indem er einen fundamentalen Fehler der frühern Versuchsmethoden erkannte. Die Durchschneidung des Rückenmarks trennt nicht nur höher oben liegende Centra von den bezüglichen Organen, sie versetzt auch die Theile unterhalb des Schnittes in einen ohnmachtähnlichen Zustand für einige Zeit. Der Ablauf dieser bei verschiedenen Thieren verschieden lange dauernden Erholungszeit ist nach einer Operation erst abzuwarten, bevor man an beweiskräftige Versuche gehen kann. Unter solchen Cautelen ist es Goltz bekanntlich gelungen, die nächsten Innervationscentren für jene Beckenorgane im Lendenmarke nachzuweisen.

Anschliessend an jene bahnbrechende Arbeit von Goltz gelang es mir bald darauf, auch für andere Funktionen des Hinterthieres, so für die Auslösung der Schweisssecretion die zugehörigen Centren im hintern Theil des Rückenmarks nachzuweisen.

Als eines der wirksamsten Reizmittel der Schweisscentren erkannte ich das dyspnoische Blut. Sobald ich aber damals bei Kätzchen mit durchschnittenem Brustmark die Erstickung einleitete, sah ich gleichzeitig neben reichlichem Schweissausbruch auf den Hinterpfoten stets auch bedeutende Muskelkrämpfe des Hinterthieres in Hinterbeinen und Schwanz auftreten. Damit war die alte Angabe von Marshall Hall bestätigt, denn es bedurfte entgegen den bekannten Kussmaul-Tenner'schen Versuchen zur Auslösung dyspnoischer Muskelerregungen nun nicht gerade eines besonderen im Hirn gelegenen Krampfcentrums.

Allerdings bekam ich seit dieser Zeit allmählich auch Kennt-

Digitized by Google

niss von einer ganzen Reihe einschlagender Versuche. Schon 1858 gelegentlich einer Besprechung der Arbeit von Kussmaul & Tenner berichtete Brown-Séquard[1]) von eigenen Versuchen, in denen nach einer Durchschneidung des Rückenmarks gleichwohl durch Verblutung oder Erstickung auch noch Krämpfe des Hinterthieres ausgebrochen waren. 1869 gelangte dann Aladoff[2]), ein Schüler Cyon's, zu gleichen Ergebnissen und erst noch in den letzten Jahren sind ungefähr gleichzeitig, ohne Kenntniss von einander, noch von den Vorgängern gehabt zu haben, Freusberg, Schroff und ich zu ebendenselben positiven Resultaten gelangt. Dass aber ein ebenso einfacher wie fundamentaler Versuch so oftmals vergessen werden konnte, so oftmals aufs Neue wieder aufgefunden werden musste, mag zur Genüge beleuchten, wie festen Fuss jene Angaben von Kussmaul & Tenner im öffentlichen Bewusstsein der Physiologie gefasst hatten. Dieselben hatten eben stetsfort durch eine zahlreiche Reihe gleich negativer Versuche beste Unterstützung gefunden. Bedenkt man jedoch, wie zumal hier die zahlreichen Fehlerquellen niemals ein positives Resultat vortäuschen, wohl aber nur zu häufig das Auftreten von Erregungen verwischen können, so sieht man leicht, wie noch so zahlreiche negative Versuche auch nur wenigen, aber positiven gegenüber gar Nichts beweisen können.

In jener früheren Untersuchung zeigte sich aber weiter der sehr bedeutsame Wink, dass im Allgemeinen die Chocwirkung des Schnittes um so geringer ausfällt, je jünger das Thier ist; ja dass dieselbe bei ganz jungen Kätzchen überhaupt beinahe gänzlich zu fehlen scheint. Dank dieser Erkenntniss war wohl allein der Erfolg eines neuen, principiell höchst wichtigen Versuches ermöglicht.

Trennt man das Lendenmark eines jungen Kätzchens nicht bloss vom übrigen Centralmark, sondern durch Zerstörung sämmtlicher hinterer Wurzeln ausserdem von allen Sinneseindrücken, so kommen auch jetzt noch nach eingeleiteter Erstickung dyspnoische Krämpfe am Hinterthiere zum Vorschein. Diese dyspnoischen Reize treffen also die grauen Massen der Vorderhörner wohl unmittelbar und es handelt sich namentlich hier nicht etwa analog älteren,

---

1) Journal de la Physiol. de l'homme et des animaux I, 201.

2) Ueber die Erregbarkeit einiger Partien des Rückenmarks von Stud. Aladoff, in Bulletin de l'Académie de St. Petersburg V. 1871.

Digitized by Google

die Auslösung der Athmung betreffenden Theorien um blosse reflectorische, durch Vermittlung peripherer Sinnesapparate überbrachte Erregungen. Dann aber muss dieses Reizmittel der Dyspnoe noch eine Reihe anderer Thätigkeiten am abgetrennten Rückenmarke hervorrufen können, wenn anders dessen centrifugale Ganglienzellen einander auch physiologisch aequivalent sind. Denn wenn irgend ein Reiz irgendwelche einer bestimmten Function vorstehende Gangliengruppe des Marks angreift, so müssen wohl gleichzeitig, wenn auch in variabler Stärke, noch eine ganze Reihe anderweitiger Erregungen auftreten.

Durch eine solche Coordination mannigfaltigster Erscheinungen kommen eine Fülle von Thatsachen aus den verschiedensten Specialgebieten der Forschung in einen einheitlichen, natürlichen Zusammenhang. Die verschiedensten Erregungen der Muskeln, Gefässe, Drüsen etc., die sich durch irgend ein Reizmittel auslösen, sind dann ebenso viele gleichlaufende, einander controllirende Aeusserungen der allgemeinen Erregung des Markes.

Die jetzt mitzutheilenden Versuche schliessen sich principiell und methodisch eng an jene frühere Untersuchung an; sie werden die Eingangs aufgestellte Anschauung nur um so fester erweisen, als sie eine Reihe jener angeführten Gegengründe in ihren thatsächlichen Grundlagen aufs das Tiefste erschüttern.

Anderseits vernimmt man aber auch schon Stimmen, welche, in vielleicht zu grossem Eifer, dem Rückenmarke selbständige Functionen zuzuweisen, dieses mit jenen Centren des verlängerten Markes etc. beinahe auf gleiche Stufen stellen möchten. Die anatomische Betrachtung gleichwie der physiologische Versuch erweisen übereinstimmend solche Betrachtung als unzulässig, fordern gerade für gewisse Gebilde oberhalb des Rückenmarks eine höhere Centralisation.

I. Ein dem Kussmaul-Tenner'schen entsprechender Versuch am Rückenmark der Katze.

Beispiel. Einer gut chloroformirten Katze mache ich die Tracheotomie, durchschneide beide nn. vagi[1]), leite künstliche Respiration ein, umschnüre im 1. und 3. Intercostalraum beidseitig die aa. mammariae, eröffne

1) um hernach durch das Anlegen und Anziehen der Schlingen nicht etwa auf diesem Wege das Thier zu reizen.

Digitized by Google

durch einen queren Schnitt durch den 2. Intercostalraum den Brustkorb, unterbinde die beiden aa. subclaviae und lege lose Schlingen um den Stamm der absteigenden Aorta, sowie um beide Carotiden.

Ziehe ich nun die Aortenschlinge an, so treten sehr bald und in fortdauernd zunehmendem Grade ausgedehnte klonische Krämpfe der Hinterbeine und des Schwanzes ein — Krämpfe des Hinterthieres, die an Mächtigkeit den bekannten allgemeinen Erstickungskrämpfen sehr wohl gleichkommen können. Gleichzeitig sieht man lebhafte Darmperistaltik und häufig Blasenentleerung. Während aber diese mächtigen Erregungen des Hinterthieres spielen, bleibt das Vorderthier vollkommen ruhig, oder zeigt doch zum mindesten keine Spur von Krämpfen. Löst man in diesem Stadium die Schlinge, so legen sich die Reizerscheinungen sehr bald.

Zieht man dagegen die Carotidenschlingen an, so treten wiederum Krämpfe ein, aber diesmal, wie schon durch Kussmaul & Tenner bekannt, am ganzen Thier, nicht nur etwa im Bereich des allein anämisch gewordenen Vorderkörpers, um ebenfalls mit Lüften der Schlingen sich bald wieder zu beruhigen.

Diese beiderlei Versuche sind mehrfach an einunderselben Katze mit stets gleichem Resultate zu wiederholen.

Auch an Kaninchen lässt sich der Versuch anstellen; auch hier treten, sowie man die Aortenschlinge anzieht, am Hinterkörper deutliche, manchmal sogar sehr ausgiebige Convulsionen ein, während das Vorderthier in voller Ruhe verharrt; allein meist gelingt hier der Versuch nur ein einziges Mal, da offenbar durch den Eingriff die Erregbarkeit des Marks bei diesen Thieren zu stark leidet.

Lässt man die Schlinge an der Aorta längere Zeit liegen, so folgt sehr bald auf die beschriebenen Reizerscheinungen das Stadium der Lähmung des Markes, das sich durch völlige Reflexlosigkeit, Ausfall weiterer Erstickungskrämpfe etc. auszeichnet. War aber die Circulation nicht zu lange — nicht mehr wie 10—15 Minuten — unterbrochen, so stellt sich die normale Reizbarkeit allmählich durch den wiedereingeleiteten Blutstrom wieder her; dabei scheint die Länge der Restitutionszeit mit der Dauer der Anämie in gewissem Zusammenhange zu stehen.

In der Absicht, das Rückenmark eines Thieres ohne Schnitt und darauf folgende Zermalmung, mit möglichst geringster Chocwirkung abzutödten[1]), entstand die Idee unseres Versuches; die Ausführung selbst aber verlangte nur eine kleine Modification

1) Vgl. flgd. Aufsatz.

Digitized by Google

des uralten Experimentes von Stenson. Während jedoch beinahe alle früheren Untersucher mit grösster Uebereinstimmung nur von dem Eintritt der Lähmung sprechen, ging derselben in meinen Versuchen mit grosser Constanz ein sehr auffallendes Reizstadium voraus. Ganz genau gleiche Versuche hatten schon Kussmaul & Tenner in ihrer berühmtgewordenen Untersuchung angestellt, aber sie beobachteten nach Verschluss der Aorta[1]) meist gar keine oder doch nur äusserst geringfügige Krämpfe und fanden diess in guter Uebereinstimmung mit jener andern Versuchsreihe, wo sie nach einer Rückenmarkdurchschneidung durch Verblutung etc. ebenfalls keine Erregungen an dem abgetrennten Marke ausbrechen sahen. Noch in neuerer Zeit berichtet Schiffer[2]) von ähnlichen, negativen Erfolgen, von einem völligen Ausbleiben des Reizstadiums. Allein gerade diese beiden Untersuchungen sind ganz ausschliesslich an möglichst ungeeigneten Thieren, an Kaninchen ausgeführt worden. Wenn diese in meinen eigenen Versuchen zwar allerdings ebenfalls Reizerscheinungen zeigten, so waren dieselben doch immer viel geringer als bei Katzen. Dagegen berichtet aus der Mitte des vorigen Jahrhunderts Albrecht von Haller[3]) über einige Versuche, mit denen die meinigen gute Uebereinstimmung zeigen. Im Jahre 1751 sah dieser vielverdiente Vater der Vivisection bei einer Wiederholung des Stenson'schen Versuches an Katzen nach der Unterbindung der Bauchaorta vor der endlichen Lähmung zwar nicht immer, aber doch in einigen Fällen Convulsionen der Hinterbeine ausbrechen. Jene Inconstanz des Resultates, das öftere Ausbleiben des Reizstadiums dürfte sich zur Genüge aus einer variabeln Gefässverbreitung erklären, die eine sofortige Unterbrechung der Circulation des Rückenmarks durch blosse Ligatur der Aorta in einigen Fällen unmöglich macht. In der That sehen wir in unsern Versuchen einen regelmässigen Ausbruch von Convulsionen dem Verschluss der Aorta folgen, denn wir hatten vorher jene Nebenwege durch Ligaturen der aa. subclaviae gesperrt.

---

1) Auch hier waren die beiden aa. subclaviae schon vor dem Versuche ebenfalls unterbunden.

2) Schiffer, die Bedeutung des Stenson'schen Versuchs, Med. Centralblatt 1869.

3) Alb. de Haller, deux memoires sur le mouvement du sang; Lausanne 1756, pag. 45, pag. 203.

Digitized by Google

Unser jetziger Versuch bietet aber nicht bloss eine willkommene Bestätigung jener früheren, an Katzen mit durchschnittenem Rückenmark erlangten Resultate, er erlaubt vielmehr eine tiefere Einsicht. Jene Versuche hatten auch für die Ganglien des Rückenmarks eine hohe Empfindlichkeit gegen dyspnoisches Blut dargethan, sie mussten die Annahme besonderer Krampfcentren im Hirn als überflüssig, weil unnöthig zurückweisen; die allgemeinen Krämpfe, wie sie nach Unterbindung der 4 Halsarterien als Folge einer nur localen Anaemie auftreten, liessen sich damals noch leicht durch eine einfache Ausstrahlung der Erregung von den direct gereizten Punkten grauer Substanz durch das ganze Fasernetz des Rückenmarkes hindurch auffassen. Dann aber müssten, wären wirklich die Ganglienzellen des Rückenmarks auf gleicher Stufe mit jenen des verlängerten Markes, auch umgekehrt einer bloss localen Anaemie des Rückenmarkes durch eine gleiche Ausstrahlung der Erregungen ebenfalls allgemeine Krämpfe des Thieres folgen.

Eine solche einfachste Vorstellung lässt nun unsere jetzige Versuchsreihe nicht mehr zu. Die Krämpfe des ganzen Thieres nach Verschluss der vier Kopfarterien, die bloss localen Erregungen nach Verschluss der Aorta müssen vielmehr ihren Unterschied einem Unterschiede in der Verknüpfung der gereizten Ganglienzellen, einem Unterschiede im anatomischen Baue des Rückenmarkes und des verlängerten Markes[1]) verdanken. In der That finden wir einmal die verschiedenen Querschnitte des Höhlengrau im Rückenmarke durch kurze Verbindungsstücke untereinander verknüpft, sind dieselben aber weiter insgesammt auch in directer Verbindung mit den grauen Massen des verlängerten Markes. Jene formatio reticularis, wo alle diese langen Leitungsbahnen der einzelnen Markabschnitte einmünden, scheint wirklich auf diese von den Thatsachen geforderte, grössere Centralisation hinzuweisen[2]). Wollte man aber eine so merkwürdige Gegend

1) Wir brauchen hier in der That nur das verlängerte Mark weiter zu berücksichtigen, da der Kussmaul-Tenner'sche Versuch auch nach Abtragung der übrigen Hirntheile, bei blosser Existenz der med. oblongata noch gelingt.

2) Eine nicht zu leugnende Dunkelheit bleibt allerdings immer noch bestehen. Wenn eine Erregung der med. oblongata sich längs der langen Verbindungsbahnen jedem einzelnen Rückenmarksquerschnitt mittheilen kann, warum können denn nicht umgekehrt auch Erregungen dieser Rückenmark-

Digitized by Google

mit einem physiologischen Namen belegen, so dürften allgemeines Krampfcentrum, allgemeines Secretionscentrum, allgemeines vasomotorisches Centrum, allgemeines Reflexcentrum etc. eben so viele verschiedene, aber gleich berechtigte Namen abgeben, als es vermöge einer verschiedenartigen Verknüpfung mit peripheren Apparaten auch verschiedene Leistungen der nächsten Centren des Rückenmarkes gibt.

Eine der unsrigen fundamental verwandte Erscheinung hatte schon 1853 Pflüger[1]) durch Betrachtung pathologischer Erscheinungen erkannt, er unterschied die Reflexe in locale und allgemeine und hielt die letztern an die Integrität der med. oblongata gebunden. Erst neuerdings noch ist Owsjannikow[2]) durch eine sorgfältige, unter Ludwig's Leitung ausgeführte Untersuchung zu einem nämlichen Ergebnisse gelangt: „So lange die Rautengrube nirgends verletzt ist, sind von jeder Pfote aus reflectorisch Zuckungen in allen übrigen hervorzurufen, während niemals von den hintern Pfoten aus eine Zuckung in den Armen oder von der vordern Pfote eine Zuckung in den Beinen zu erhalten war, wenn in der Höhe des Calamus scriptorius das Rückenmark von dem verlängerten getrennt gewesen."

II. Die dyspnoischen Erregungen der Gefässwand.

Schon bald nach der Entdeckung der Gefässnerven suchte man auch jene Puncte des Centralmarkes zu bestimmen, von denen aus diesen Fasern während des Lebens, sei es durch Automatie, sei es durch Reflex jene variable Reihe von Erregungen zufliessen, welche die contractile Gefässwand in beständig veränderlicher Verkürzung halten.

Die erste zugleich denkbar einfachste Ansicht fand ihre Vertretung durch Brown-Séquard. Es sollten diese Gefässcentren

---

abschnitte durch eben diese Bahnen hinauf zur med. oblongata gelangen und nun durch deren Reizung ebenfalls allgemeine Krämpfe hervorrufen? Dieses Räthsel dürfte vielleicht auf gleicher Stufe stehen mit jenem andern, warum eine centrale Reizung eines motorischen Nerven erfolglos bleibt.

1) Pflüger, die sensorischen Funktionen des Rückenmarks.

2) Owsjannikow, Ueber einen Unterschied in den reflectorischen Leistungen des verlängerten und des Rückenmarkes der Kaninchen, Leipziger Berichte 1874.

Digitized by Google

überall im ganzen Rückenmarke gleichmässig vertheilt und einander vollkommen gleichwerthig sein.

Allein schon frühzeitig 1855 erkannte Schiff[1]) das ungenügende dieser Meinung. — Denn er zeigte, dass durch einen blossen Schnitt durch die med. oblongata die Gefässe des ganzen Körpers sich erweiterten, während eine Durchschneidung des Rückenmarkes nur die unterhalb des Schnittes liegenden Gefässe erschlaffte. Eine Reihe verwandter Erscheinungen führte ihn zu dem Schlusse: Es liege vielmehr in der med. oblongata ein ausgezeichneter Centralpunct für die Innervation der Gefässe des Gesammtkörpers. Immerhin sei aber dieses Gefässcentrum keineswegs etwa die einzige Quelle vitaler Gefässcontraction, vielmehr könne auch noch durch jene von der med. oblongata abgetrennten Rückenmarksabschnitte ein deutlicher Einfluss auf die Weite der Gefässe ausgeübt werden. Denn so allein seien jene schon von Nasse ausgeführten, von Schiff bestätigten und erweiterten Experimente zu verstehen, in welchen Trennung des Brustmarkes zwar die Temperatur der Hinterpfote erhöht, eine darauffolgende gänzliche Zerstörung des Lendenmarks, oder Durchschneidung des Hüftnerven dieselbe aber gleichwohl noch um mehrere Grade weiter emportreiben kann. „Was hier am Rückenmarke noch wirksam ist, ist ohne Zweifel dasselbe, was wir sonst als seine reflectorische Thätigkeit bezeichnen, und daher erkläre ich mir, dass ich bei Thieren (Frösche, Tauben), bei welchen diese reflectorische Thätigkeit sehr ausgebildet ist, und wo sie gleich nach der Verletzung sehr stark hervortritt, keinen bestimmten Einfluss der Rückenmarkswunden auf die Wärme der Extremitäten beobachten konnte“[2]).

Allein in der Folge scheinen jene weitern, im Rückenmarke gelegenen Gefässcentren auf lange Zeit in völlige Vergessenheit gerathen zu sein; denn man sprach schon bald ganz ausschliesslich nur noch von einem einzigen vasomotorischen Centrum in der med. oblongata. In der That zeigten die übereinstimmenden Versuche von Bezold, Thiry, Traube einen mächtigen Einfluss sensibler Reize, sowie dyspnoischen Blutes auf den Contractionsgrad der kleinen Arterien, derselbe war aber völlig und definitiv vernichtet, sowie die med. oblongata vom übrigen Rückenmarke

1) Schiff, Untersuch. z. Physiol. d. Nervensystems 1855; p. 191 u. flgd.
2) Schiff l. c. pag. 217.

Digitized by Google

getrennt war. Damit schien eben dem blossen Rückenmarke jegliche Fähigkeit zu automatischer oder reflectorischer Erregung der Gefässwand abzugehen. Diese Lehre fand um so bereitwilligere, fast einstimmige Anerkennung, als eine endlose Reihe von Arbeiten aus den verschiedensten Laboratorien, von den befähigtesten Forschern stammend ihr volle Bestätigung zollten. — Zwar wuchs auch allmählich die Zahl widersprechender Thatsachen. Schon 1863 hatte Goltz[1]) für den Frosch wenigstens auf eine wesentliche Bedeutung des Rückenmarkes für den Tonus der Gefässe hingewiesen und konnte dann später Nussbaum[2]) im Bonner Laboratorium ebenfalls am Frosch reflectorische Verengerungen der Schwimmhautgefässe vom Lendenmarke auslösen.

In der Absicht, seine frühern, am Frosch erlangten Resultate auch am Warmblütter zu erproben, gelangte dann 1874 Goltz, wie es scheint, ohne die frühern Nasse-Schiff'schen Versuche zu kennen, im wesentlichen zu einer gänzlichen Bestätigung derselben; bemerkte gleichzeitig aber noch weiter reflectorische, durch das abgetrennte Lendenmark bedingte Erweiterungen der Pfotengefässe, eine Beobachtung, die ich gelegentlich anderer Versuche an Katzen vollauf bestätigen konnte[3]).

Endlich schienen die kymographischen Versuche von Kowalewsky & Adamük[4]), nicht minder jene von Schlesinger[5]) die wesentlichen Stützen der herrschenden Lehre gerade in ihren thatsächlichen Grundlagen aufs Tiefste zu erschüttern.

Andrerseits konnte sich dieselbe gleichwohl noch bis in die neueste Zeit hinein eifrigster Verfechtung erfreuen.

Die Versuche von Kowalewsky & Adamük hatten auch nach Abtrennung der med. oblongata Steigerungen des Blutdruckes als Folge einer Suspension der Athmung ergeben. Allein diese relativ erst sehr spät auftretenden Druckerhöhungen brauchten keineswegs nothwendig aus Erregungen von Gefässnervencentren abgeleitet zu werden; sie könnten ganz allgemein durch Contractionen glatter Muskeln irgendwelcher Organe z. B. des Darms sehr

1) Virchow's Archiv Bd. XXIX.
2) Diess Archiv. Bd. X.
3) Diess Archiv. Bd. XIV.
4) Medic. Centralblatt 1868.
5) Stricker's med. Jahrbücher 1874.

Digitized by Google

wohl ihre Frklärung finden, und haben auch Kowalewsky & Adamük selbst als Ursache jener Erscheinung keineswegs Leistungen des abgetrennten Rückenmarkes, vielmehr directe Erregungen der Gefässwand vermuthet.

Die Versuche von Schlesinger ergaben sowohl dyspnoische, als reflectorische Steigerungen des Blutdrucks auch nach Trennung des verlängerten Markes. Aber dieselben waren nur erheblich an strychnisirten Thieren, blieb dagegen bei nicht vergifteten die eine Reizung ganz effectlos und lieferte die andere nur höchst inconstante, auf jeden Fall immer geringe Drucksteigerungen. Wie schon von hervorragender Seite genügend hervorgehoben, können aber Erfahrungen an strychnisirten Thieren nicht ohne Weiteres als Grundlage für die Erkenntniss normaler Verhältnisse benutzt werden. „Die natürliche Ordnung der Reflexe wird durch das Strychnin gewaltsam gestört und durchbrochen."

Dagegen fand noch in neuester Zeit in eingehender Untersuchung Sigmund Mayer[1]) keine Spur von Blutdrucksteigerung, nachdem er die med. oblongata durch Anaemie abgetödtet hatte. Suspension der Athmung sowohl, wie Reizung sensibler Nerven gingen jetzt spurlos an dem Blutdrucke vorüber. — Noch ganz neuerdings sah Kabierske[2]) unter Heidenhain's Leitung in ähnlichen Versuchen auf reflectorische Reizung zwar eine kleine Drucksteigerung folgen, vermisste aber ebenfalls stets die Wirkung jener sonst so mächtigen dyspnoischen Erregung.

So stehen also gerade in jenen mit den unzweifelhaft zuverlässigsten, kymographischen Methoden ausgeführten Versuchsreihen einer zahllosen Menge älterer, aber auch neuester Untersuchungen mit negativem Ergebniss nur vereinzelte positive Angaben gegenüber und sind diese selbst noch keineswegs eindeutiger Art. Besitzen aber jene aus den Versuchen von Schiff, Goltz u. A. gefolgerten Gefässcentren des Rückenmarks wirklich eine reale Existenz, dann müssen dieselben doch wohl ganz so wie jene andern motorischen und secretorischen Centren des Markes gleichfalls durch dyspnoische Reize anzusprechen sein.

Angesichts vorliegender Widersprüche, gedrängt von der principiellen Wichtigkeit der Sache, entschloss ich mich zu eigenen Versuchen.

1) Wiener Sitzungsber. Bd. LXXII. 1876.

2) Diess Archiv Bd. XIV.

Digitized by Google

Meine Experimente sind mit kymographischen Methoden an Katzen, in geringerer Zahl auch an Kaninchen ausgeführt. —

Chloroformnarkose, Tracheotomie, Durchschneidung beider nn. vagi und sympathici, Einsetzen künstlicher Athmung bildeten die regelmässige Einleitung. Dann wurde der Einfluss des Hirns resp. der med. oblongata eliminirt.

Nachdem man bisher allgemein zu solchem Zwecke das Rückenmark vom Hirn etwa in der Höhe des Atlas abtrennte, dachten ungefähr gleichzeitig und offenbar unabhängig von einander Sigmund Mayer[1]) und ich[2]) daran, das Hirn auf unblutigem Wege, durch Erstickung mittelst Sperrung der Circulation abzutödten.

In meinen frühern Versuchen hatte ich das Verfahren angewendet vornehmlich nur, um das Grosshirn auszuschliessen und konnte damit auch wirklich meinen Zweck vollkommen erreichen. Auch die med. oblongata hatte in jenen allerdings viel weniger zahlreichen Versuchen ihre Erregbarkeit stets vollständig eingebüsst; denn das Blinzeln der Augenlider war verschwunden, nach einigen wenigen seltenen Athemzügen die eigene Respiration des Thieres vollkommen erloschen. In meinen jetzigen Versuchen jedoch traf ich — Anfangs zu meiner grössten Ueberraschung — mehrmals bei Katzen, einmal auch bei einem Kaninchen auf Fälle, in denen trotz Unterbindung der vier Halsarterien nach Ablauf der bekannten Krampferscheinungen die Athmung gleichwohl noch viele (10—20') Minuten hindurch in tiefen, seltenen Zügen erfolgte[3]). Wie es scheint, kann man in diesen Umständen den Tod des verlängerten Marks durch einmaligen Erstickungsversuch wesentlich beschleunigen. Um jedoch in solchen Fällen ganz sicher zu gehen, liess ich jedesmal, sowie c. 5 min. nach Verschluss der Kopfarterien die

1) Archiv f. experimentelle Pathologie V, 1876.

2) Diess Archiv Bd. XIV, 1876.

3) Es handelt sich offenbar um Individuen, deren verlängertes Mark trotz der Ligatur der vier Halsarterien durch reichliche Anastomosen noch mit mehr weniger arteriellem Blute versorgt wird; ein Fall, der nach den Versuchen von Astley Cooper, Heidenhain u. A. bei dem nahverwandten Hundegeschlecht als Regel vorkömmt. Auch Sigm. Mayer hat bei Katzen gleiche Vorkommnisse beobachtet (l. c.), während ihm dagegen bei Kaninchen, trotz seiner zahlreichen Versuche, noch kein derartiger Fall vorgekommen ist.

Digitized by Google

eigene Athmung des Thieres nicht völlig erloschen war, noch eine hohe Rückenmarksdurchschneidung folgen.

Meine ersten Versuche wurden alle auf diese Weise ausgeführt, später jedoch habe ich bisweilen, besonders bei jungen Katzen, öfters auch bei Kaninchen ohne Weiteres durch Trennung der m. occipito-atlantoidea das Mark blossgelegt und mit scharfer Scheere durchschnitten.

Nach der Abtrennung des Hirns wurde in der überwiegenden Zahl der Versuche das Thier mit geringer Dose, gerade bis zur Lähmung der Skeletmuskeln curaresirt.

An derartig hergerichteten Thieren bleibt die arterielle Spannung Stunden lang mit grösster Gleichmässigkeit auf einem niedrigen Drucke von c. 20 — 40 mm. Hg.; dessen allfällige Aenderungen nach reflectorischen und dyspnoischen Reizungen waren zu untersuchen.

Von den zahlreichen, einander so durchaus ähnlichen Versuchen die ganze Reihe von mehr als 70 Einzelfällen vorzuführen, dürfte unnütze Raumvergeudung sein. Ob Katze oder Kaninchen Versuchsthier waren, ob eine hohe Rückenmarksdurchschneidung oder eine partielle Erstickung des Hirns vorausging, stets zeigte sich eine Fülle gut übereinstimmender Resultate. Es genüge, das typische Bild der Versuche in kurzen Zügen zu schildern.

Reflectorische Drucksteigerungen nach electrischen Reizungen des Hüftnerven, nach Kneifen in den Schwanz etc. bekam ich bei bloss curarisirten Thieren nur in seltenen Fällen und auch dann waren dieselben nur sehr unerheblich.

Die Suspension der Athmung wird von den einzelnen Thieren verschieden gut vertragen. Stets wurde sie mindestens eine Minute innegehalten, konnte häufig aber ohne irgendwelche drohende Zeichen bis zum Ablauf der dritten Minute andauern. Bisweilen allerdings tritt nach langer Suspension plötzlich starke Verlangsamung des Pulses ein, wahrscheinlich als Folge peripherer Vagusreizung; es hebt sich jedoch diese störende Erscheinung rasch durch Wiedereinleiten der Athmung.

In beinahe allen Fällen folgt einem Verschluss der Trachealkanüle sofort ein mehr oder weniger erhebliches Steigen des Blutdruckes.

Darauf fällt geraume Zeit hindurch der Druck langsam, aber stetig ab.

Digitized by Google

In einer grossen Zahl meiner Fälle beginnt nun jedoch noch während einer Erstickung, manchmal schon im Verlauf der ersten, meist jedoch erst im Verlauf der zweiten und dritten Minute wiederum ein anfangs langsames, dann immer steileres Ansteigen des Druckes. In seltenen Fällen allerdings zeigen sich sogar während desselben und auf der Höhe grosse wellenartige Schwankungen, ganz nach Art der Traube'schen Wellen.

Dauert die Erstickung noch länger an, so fällt der Druck wiederum ab; leitet man jedoch in diesem Stadium des Absinkens nochmals künstliche Athmung ein, so erfolgt mit grösster Regelmässigkeit nach etwa 3 — 4 Zügen ein nochmaliges Steigen, das in den meisten Fällen jene erste dyspnoische Drucksteigerung an Umfang weit überbietet.

Im Verlauf weiterer künstlicher Athmung endlich sinkt der Schwimmer des Manometers allmählich wieder bis auf den ursprünglichen, niedrigen Stand ab; und hält denselben bis zu neuen Eingriffen mit gleichmässigster Constanz inne.

In manchen Fällen kann die zweite, sonst erst spät während der Erstickung erfolgende Drucksteigerung vollkommen fehlen, aber auch dann noch steigt gleichwohl mit seltensten Ausnahmen der während der ganzen Erstickung langsam abgesunkene Druck mit Wiederbeginn der Athmung um sehr erhebliche Werthe.

Nur in zwei einzigen Fällen bei Kaninchen mit durchschnittenem Rückenmark war auch nach Wiedereinleiten der Respiration jede Drucksteigerung beharrlich ausgeblieben.

Es mögen einige Zahlenangaben folgen.

Katze. Rückenmark durchschnitten, Blutdruck 46 mm. Hg., Suspension, erstes Ansteigen höchst unbedeutend, nach Ablauf der ersten Minute Beginn des zweiten Ansteigens, wonach der Schwimmer die Höhe von 88 mm. erreicht; darauf Absinken auf 56 mm., Auftreten grosser, seltener Pulse, Wiederbeginn der Athmung. Erneutes Ansteigen des Blutdrucks auf 99 mm. Hg., darauf langsames Absinken. Zur Illustration sei Curve I mitgegeben.

Kaninchen. Rückenmark durchschnitten. Blutdruck 36 mm., nach Athmungssuspension erste Steigerung um 7,5 mm., Absinken auf 40 mm., Ende der 2ten Minute zweite Erhebung um 15 mm., Absinken auf 38 mm., künstliche Respiration, darauf dritte Erhebung um 85 mm., dann langsames Absinken. Zur Illustration Curve II.

Katze. Rückenmark durchschnitten. Gegen Ende einer Suspension von ca. 2 Min. steigt Blutdruck um 42 mm., sobald er abzusinken droht, Respiration eingeleitet; erneutes Steigen um 28 mm.

Digitized by Google

Kaninchen. Die 4 Halsarterien ligirt. Nach $1^1/_2$ Min. Suspension steigt der Blutdruck von 34 auf 61 mm., Wiederbeginn der Athmung, weiteres Steigen um 74 mm.

Katze. Nach $1^3/_4$ Min. Suspension kleine Erhebung um 27 mm., mit Wiederbeginn der Athmung Steigen des Blutdrucks um 92 mm.

Kaninchen. Während der ganzen Dauer der Suspension (2 Min.) nur geringes Sinken des Druckes. Mit Wiederbeginn der Athmung Erhebung um 78 mm.

Katze. Mark durchschnitten. Während $2^1/_2$ Minuten Suspension sinkt Blutdruck continuirlich. Mit Wiederbeginn der Athmung steigt er von 31,5 mm. auf 143,5, also um volle 112 mm. Hg.

Sind die Thiere nicht mehr völlig curarisirt, so treten während der Erstickung, in noch stärkerem Grade nach derselben, gleichzeitig mit den Erhebungen des Blutdrucks Krämpfe der Skeletmuskeln auf.

Selbstverständlich folgte jedem discutirten Versuche eine sorgfältige Section.

Die erste unmittelbar der Suspension folgende, zwar meist unerhebliche, aber doch selten ganz fehlende Drucksteigerung ist sicher rein mechanischer Natur, schon Sigmund Mayer hat dieselbe gewiss zutreffend aus dem Wegfall eines Hemmnisses der Lungencirculation erklärt. Dagegen müssen jene erst spät während einer Erstickung sich ausbildenden Drucksteigerungen, nicht minder jene erst nach Wiederbeginn der Athmung erfolgenden Erhebungen des Blutdrucks ohne Zweifel in vitalen, contractilen Processen begründet sein, die in dem Reiz des dyspnoischen Blutes ihren Erreger finden. Jeder Zweifel daran würde allein schon durch jene bei schwach oder gar nicht curarisirten Thieren gleichzeitig mit jenen Spannungsänderungen einhergehenden Krämpfe der Skeletmuskeln beseitigt.

Die einfachste Deutung dieser Erscheinungen weist auf die Existenz jener von Schiff, Goltz u. A. behaupteten Gefässcentren des Rückenmarkes hin, deren dyspnoische Reizung in der That die Beobachtungen vollkommen erklärt. Der allerdings nicht häufig zu beobachtende Rhythmus der Erregung, wie er sich in Traube'schen Wellen offenbart, mehr noch die Analogie mit den gleichzeitigen Muskelkrämpfen des Hinterthieres dürften gute Stützen für eine Ansicht sein, die in dem abgetrennten Rückenmarke die Quelle der gleichzeitigen Drucksteigerung sucht.

Digitized by Google

Eine Reihe der früheren Autoren, zuletzt Sigmund Mayer und Kabierske haben diese dyspnoischen Drucksteigerungen gänzlich vermisst, sie haben höchst wahrscheinlich nur zu schwache dyspnoische Reize einwirken lassen; so hat der ersterwähnte meist nicht länger als eine Minute die Thiere erstickt.

Einmal ist durch die Abtrennung des Hirns der Stoffwechsel des ganzen Thieres sicher erheblichst herabgesetzt (Pflüger) und damit jedenfalls auch die Bildung dyspnoischer Substanzen verzögert; dann aber ist durch die Chocwirkung das Mark offenbar in einen schwer erregbaren, ohnmachtähnlichen Zustand versunken. Kein Wunder also, wenn es auf einen geringen Reiz gar nicht mehr reagirt. Selbst in meinen Versuchen mit viel länger anhaltender Suspension ist gleichwohl nicht einmal immer eine Drucksteigerung während der Erstickung eingetreten. Erst nach Wiederbeginn der Athmung erfolgte, dann aber meist in sehr erheblichem Grade, ein regelmässiges Ansteigen des Blutdruckes.

Durch die Zufuhr einer noch so geringen Menge frischen Sauerstoffs wird die Erregbarkeit des Markes offenbar rasch gehoben, zu einer Zeit schon, wann die dyspnoischen Substanzen noch nicht vernichtet sind.

Allein trotz der grossen Wahrscheinlichkeit, die schon jedes einzelne der angeführten Momente zu Gunsten unserer Auffassung der Verhältnisse in sich schliesst, waren gleichwohl noch eine Reihe anderer Möglichkeiten zu erwägen; ja mussten dieselben geradezu um so genauer berücksichtigt werden, als schon fast jede derselben zur Erklärung ähnlicher Erscheinungen verwendet worden ist.

Das dyspnoische Blut könnte die motorischen Centren des Herzens selbst reizen, und durch einfache Vermehrung der Herzarbeit eine Steigerung des Blutdruckes hervorrufen (Pokrowsky[1]).

Während der Erstickung könnten ferner glattmuskelige Organe wie Darm, Uterus in mächtigen Krampf gerathen und so eine grosse Zahl ihrer Gefässe bis zum Verschluss ihres Lumens verengen, eine Erklärung, die v. Bezold und Götz[1]) für jene Drucksteigerungen gegeben haben, welche auch bei abgetrennter med. oblongata nach einer Calabarvergiftung erfolgen.

Es könnten weiter blutreiche Organe, wie die Milz durch

---

1) Archiv v. Reichert & du Bois-Reymond, 1866.

2) Medic. Centralblatt 1867.

Digitized by Google

das dyspnoische Blut direct gereizt werden, und durch ein Austreiben ihres Blutgehaltes den Inhalt des Gefässsystems vermehren; endlich könnten die contractilen Gefässwände selbst durch das dyspnoische Blut zur Verkürzung angeregt werden (Kowalewsky & Adamük), eine Vermuthung, deren Möglichkeit erst noch neulich die Untersuchungen von Mosso[1]) strenge erwiesen haben.

Die Triftigkeit all dieser Einwände wird natürlich erst zu ermessen sein durch eine Wiederholung unserer Versuche unter Bedingungen, welche den Einfluss des Rückenmarkes eliminiren.

In diesem Sinne hatten schon Kowalewsky und Adamük einer Abtrennung der med. oblongata noch die Durchschneidung beider nn. splanchnici als der hauptsächlichsten Vasomotoren des Körpers folgen lassen. Doch sie sahen gleichwohl mit jeder Erstickung noch dyspnoische Drucksteigerungen und diess war ihnen Grund genug, dem Rückenmarke jeglichen Einfluss an dieser Erscheinung abzusprechen. In einer Wiederholung dieser Versuche habe ich allerdings auch noch nach der Durchschneidung der nn. splanchnici dyspnoische Drucksteigerungen gesehen, erreichten dieselben jedoch lange nicht solche Werthe, wie nach blosser Abtrennung des verlängerten Markes. Reine, unzweideutige Versuche zu erlangen schien mir aber auf diesem Wege überhaupt nicht möglich zu sein. Der Rest jener Erscheinungen könnte ja ebenso gut von jenem Rest noch unversehrter vasomotorischer Nerven, wie von einer directen Reaction der Gefässwand abhängen.

Man muss vielmehr einer einfachen Durchschneidung des Rückenmarks eine gänzliche Vernichtung desselben folgen lassen, dabei vor und nach diesem letztern Eingriff die dyspnoischen Erscheinungen untersuchen.

Das einfachste Verfahren wäre, mit einem langen Stäbchen in die Nackenwunde einzugehen und das gesammte Rückenmark mit demselben zu zerstossen. Derartige Versuche habe ich ebenfalls ausgeführt. Stets blieb nach der Zermalmung des Markes sowohl während der Erstickung, als auch nach Wiederbeginn der Athmung der Blutdruck auf seinem niedrigen Werthe, jene sonst so erheblichen Erhöhungen waren gänzlich verschwunden. Aber mit Recht mögen diesem etwas rohen Verfahren mehrfache Einwände entgegen zu halten sein. Negative Resultate dürfen in der

1) Leipziger Berichte 1874.

Digitized by Google

That nach unsern jetzigen Anschauungen nicht bloss auf einen Wegfall der Functionen des Rückenmarks, können vielmehr eben so gut auf eine schwere Schädigung peripherer Apparate bezogen werden.

Frei von solchem Einwande dürfte sich eine andere Methode erweisen, welche das Rückenmark durch partielle Erstickung zu eliminiren sucht. Dieselbe macht die Voraussetzung, dass die verschiedenen reizbaren Stücke des thierischen Organismus verschieden rasch durch Sauerstoffmangel zum Absterben gelangen, und dass gerade die wirksamsten Elemente des centralen Nervensystems, sowie sie ja auch am schnellsten durch die Erstickung gereizt werden, auch am frühesten durch die Erstickung ihre Erregbarkeit einbüssen. Das Verfahren selbst aber ist im wesentlichen jener schon mehrfach erwähnten Methode, das Hirn abzutödten, nachgebildet und findet sich zum Theil schon im Abschnitt I. geschildert.

Man mache einer Katze die Tracheotomie, leite künstliche Respiration ein, durchschneide beide nn. vagi, eröffne im zweiten Intercostalraum den Brustkorb, unterbinde beide Subclavien sowie beide Carotiden, die carotis sinistra jedoch so, dass man sie jeder Zeit leicht endständig mit dem Manometer des Kymographions verbinden kann, durchschneide eventuell noch das Rückenmark in der Höhe des Atlas; dann stelle man die Verbindung jener Carotis mit dem Manometer her, suspendire die Athmung, sowie der Schwimmer gleichmässig niedrigen Stand einnimmt; stellen sich nun entweder beide oder doch die zweite dyspnoische Drucksteigerung ein, so lege man wieder eine leicht lösbare Ligatur um die drucktübermittelnde Carotis[1]), hernach eine Klemme an die absteigende Aorta. Erst nach c. 10—15 Min. entferne man dieselbe wiederum[2]) und lasse dann auch unmittelbar darauf den Blutdruck von der linken Carotis wiederum aufschreiben. Anfangs sieht man noch die letzten Spuren des absinkenden Blutdrucks, nach kurzer Zeit aber nimmt man ein, das erste Mal sehr überraschendes Steigen im Werthe von 60, 70, 80 mm. Hg. wahr. Dann legt sich der Druck wieder auf einen niedrigen Stand. Curve III gebe ein Bild dieser Erscheinungen.

1) Diese Ligatur hat den Zweck, ein Eindringen der gesättigten Sodalösung in die Blutbahn bei dem später erfolgenden jähen Absinken des Blutdruckes zu vermeiden.

2) Diesen anhaltend hohen Druck vertragen Kaninchenherzen schlecht; diess der Grund, gerade Katzen anzurathen.

Digitized by Google

Alle vom Rückenmark abhängigen Reflexe fehlen jetzt vollständig; lässt man, sowie der Schwimmer schon einige Minuten gleichmässigen Stand eingenommen[1]), die künstliche Athmung aussetzen, so fehlen jetzt jegliche Muskelkrämpfe des Rumpfes, treten auch an dem Blutdruck nicht einmal Spuren dyspnoischer Erregung mehr auf. Derselbe sinkt vielmehr nach einer geringfügigen ersten (mechanischen) Erhebung langsam, aber continuirlich ab. Wird nach 1, 2, 3 Minuten die künstliche Athmung wieder begonnen, so bleibt auch jetzt die sonst so characteristische Drucksteigerung aus, höchstens sieht man einen ebenso langsamen Zuwachs, ohne dass aber je der Druck die anfängliche, niedrige Höhe merklich überschreitet, ja auch nur wieder erreicht. Die Muskelkrämpfe sind auch jetzt gänzlich ausgeblieben.

Sicherlich hat das Rückenmark durch die langanhaltende Anämie seine Functionen für die nächste Zeit wenigstens gänzlich eingebüsst. Dagegen ist jene unmittelbar nach Lüften der Aortenklemme erfolgende Drucksteigerung ebenso gewiss Folge einer activen Contractilität, und damit ein Beweis dafür, dass die Reizbarkeit wenigstens eines der in Betracht kommenden Factoren noch keineswegs abhanden gekommen ist. Lebhaft werden wir an jene Versuche von Mosso[2]) erinnert, der bei der künstlichen Durchströmung ausgeschnittener Nieren bekanntlich auf durchaus ähnliche Erscheinungen gestossen ist. Aber nicht nur die Gefässe, auch der Darm scheint die Dauer jener Anämie im Vollbesitz seiner motorischen Function sehr gut zu überleben, auch hier sind bei jeder folgenden Erstickung stets noch peristaltische Bewegungen wahrzunehmen.

Kurz — von den irgendwie denkbaren Quellen einer Blutdrucksteigerung ist durch unsern Eingriff nur das Rückenmark vernichtet; sind aber gleichzeitig auch die dyspnoischen Erscheinungen des Blutdruckes verschwunden, so muss eben im Rückenmarke der Sitz jener frühern dyspnoischen Erregungen gelegen sein, müssen also auch im isolirten Rückenmarke Gefässcentren existiren, die

---

1) Beliebig lange hält allerdings diese Rückenmarkslähmung nicht immer an, schon nach c. 20—30 Min. kann man öfters Zeichen von Erholung beobachten, desshalb ist es gut, die folgenden Versuche schon in der ersten Zeit nach Lüften der Aortenklemme vorzunehmen.

2) l. c. pag. 313, 314.

Digitized by Google

gerade so gut wie dessen motorische oder secretorische Centren durch dyspnoisches Blut anzusprechen sind.

Wenn möglich dürften endlich diese Schlüsse durch die Versuche des III. Abschnittes, bei dem Studium der Wirkung des Pikrotoxins noch weitere Unterstützung erfahren.

Endlich noch ein Wort über das dyspnoische Verhalten jener peripheren Apparate. Speciell für die überlebende Gefässwand haben doch die Versuche von Mosso in überzeugendster Weise eine dyspnoische Irritabilität erwiesen, jenes starke Ansteigen des Blutdrucks nach Oeffnen jener längere Zeit die Aorta schliessenden Klemme (vgl. Curve III.) findet so eine ungezwungenste Deutung. Warum — muss man fragen — macht sich dagegen bei allgemeiner Erstickung des Thieres diese dyspnoische Reizung der Gefässwand nur in so unerheblichem Grade geltend?

Es spielen hier offenbar quantitative Unterschiede der Erregbarkeit eine wichtige Rolle. Bei allgemeiner Erstickung würde wohl das Herz schon abgestorben sein, ehe eine kräftige directe Erregung der Gefässwand ausbrechen kann. In der That ist auch, wie mich spezielle Versuche belehrten, ein länger dauernder Verschluss der Aorta nothwendig, um jene ausgiebige, dyspnoische Erregung der Gefässwand hervorzurufen.

III. Die Krampfwirkungen des Pikrotoxins.

Vorliegende Untersuchungen haben für einen Reiz, für die dyspnoische Blutbeschaffenheit eine allgemeine Anspruchsfähigkeit des gesammten Rückenmarkes erwiesen; denn sie zeigten, dass die sämmtlichen Erstickungserscheinungen des Rumpfes auch noch auftreten können, wenn derselbe nur noch vom Rückenmarke innervirt ist. Damit ist man für einen Fall mindestens der Annahme spezifisch wirkender, im Hirn gelegener Krampfcentren enthoben, wird aber weiter die Existenz solcher ausgezeichneter Punkte überhaupt im höchsten Grade zweifelhaft. Jene Reihe anderer Gifte, welche nach übereinstimmendem Zeugniss bisheriger Untersuchungen insgesammt ihren ganz ausschliesslichen Angriffspunct gerade allein in jenen „Krampfcentren" der med. oblongata finden sollten, und also unwirksam würden, sobald das verlängerte vom Rückenmarke getrennt wäre, fordern dringend zu erneuter Untersuchung auf; an dieser Gruppe von Reizmitteln hat sich unsere Eingangs aufgestellte These zu erproben.

Digitized by Google

Von den gewöhnlich hieher gezählten Substanzen Ammoniak, Nicotin, Cicutin, Pikrotoxin habe ich vornehmlich allerdings nur mit Einer mich befasst. „Unter den genannten Substanzen verdiente zunächst das Pikrotoxin in der angedeuteten Richtung berücksichtigt und untersucht zu werden, denn von allen bisher hinsichtlich ihrer Wirkung auf den thierischen Organismus geprüften Stoffen vermag wohl keiner ein so mannigfaltiges und wechselndes Bild der allerverschiedensten Krampfformen zu erzeugen, welche zugleich durch ihre Ausbreitung über fast sämmtliche Muskelgruppen des Körpers sowohl, als auch durch ihre ungewöhnlich lange Dauer sich auszeichnen und fast mit gleicher Intensität bei Warmblütern wie bei Kaltblütern zur Erscheinung kommen[1])". Aber gerade mit dieser „krampferzeugenden Substanz κατ' ἐξοχήν" sind noch vor wenigen Jahren von mehreren Untersuchern anscheinend erschöpfende Versuche angestellt worden; dieselben sprechen mit seltener Uebereinstimmung durchaus wider unsere Vermuthung, vollkommen im Sinne einer alleinigen Reizung der med. oblongata.

Die ersten einschlagenden Versuche an Thieren mit isolirtem Rückenmarke wurden 1868 von Röber[2]) angestellt. Dabei fand derselbe nach Pikrotoxinvergiftung keine Spur von Krämpfen am Hinterthier auftreten, lässt unser Mittel einzig und allein eine starke, langanhaltende Reizung der gangliösen Elemente des verlängerten Markes und möglicherweise noch höher liegender Hirntheile setzen.

Diese Ergebnisse konnte Heubel[3]), „wenigstens soweit sie die wohl ausschliessliche Abhängigkeit der Pikrotoxinkrämpfe von der med. oblongata ergaben, auf Grundlage wiederholter eigener Experimente durchaus bestätigen".

Noch neuerdings untersuchte Böhm[4]) die physiologischen Wirkungen des Cicutins; er sah ein der Pikrotoxinvergiftung vollkommen identisches Bild, und stimmte auch in Betreff der Angriffsweise des Giftes vollkommen mit den eben erwähnten Beobachtern überein.

---

1) Heubel, das Krampfcentrum des Frosches etc. Diess Arch. Bd. IX, 294.

2) Röber, die physiol. Wirkungen des Pikrotoxin; Archiv f. Anat. u. Physiol. 1869.

3) l. c. p. 298.

4) Archiv f. experiment. Patholog. und Pharmakologie III. p. 225 u. f., ebenda V. p. 287 u. f.

Digitized by Google

Gleichwohl entschloss ich mich leicht zu eignen Versuchen. Die Erfahrung der letzten Jahre hat schon manchen, scheinbar noch so sichern Satz der Nervenphysiologie in seinen thatsächlichen Grundlagen auf's Tiefste erschüttert und rief dadurch einem natürlichen Revisionsbedürfniss für immer weitere Fragen. Ganz besonders leicht aber müssen Angaben, die an inneren, principiellen Unwahrscheinlichkeiten leiden, auch trotz noch so grosser Uebereinstimmung früherer Autoren stetsfort gewisse Zweifel rege halten. — Ausserdem hatten sich die früheren Untersuchungen fast ganz ausschliesslich nur mit den allerdings augenfälligsten Muskelkrämpfen befasst, unsere Auffassung von der spezifischen Energie der centrifugalen Ganglienzellen forderte noch eine Reihe anderer Erregungen.

Meine Versuche sind an Katzen und Kaninchen verschiedenen Alters, an Tauben, an Sommer- und Winterfröschen angestellt.

Mein Pikrotoxin stammt von Merk in Darmstadt. Die gemeiniglich angewandte Lösung war eine gesättigte, von c. 0,2 %.

Um sich von der gelungenen Durchschneidung des Markes völlig zu versichern, folgte jedem Versuche eine sorgfältige Section.

a) Die Krämpfe der Skeletmuskeln.

Versuch I[1]). Einem jungen c. 3 Monate alten Kätzchen wird in Chloroformnarkose der Bogen des letzten Brustwirbels mit feiner, scharfer Zange weggebrochen, unter das der ganzen Quere nach vollkommen klar vorliegende Mark ein feines, passend gekrümmtes Häckchen geführt, das Mark damit vorsichtig, ohne grosse Zerrung in die Höhe gehoben und mit scharfer Scheere durchschnitten, über den klaffenden Stümpfen endlich die Wunde vernäht.

Nach einigen Tagen, sowie erhöhtes Reflexvermögen des Hinterthieres die Wiederkehr einer vollen Erregbarkeit des Lendenmarkes anzeigt, wird das Thier subcutan mit 1—2 Ccm. unserer Lösung vergiftet.

Etwa 10 Min. nach dem Einstich beginnen nun beinahe gleichzeitig am Hinter- und Vorderthier klonische Convulsionen, erreichen dieselben in kürzester Zeit gleicherweise hinten wie vorne eine beträchtliche Stärke, und dauern mit allerdings abnehmender Intensität fort bis zum Tode des Thieres, der unter Zeichen starker Dyspnoe nach 1—2 Stunden erfolgt. — Prüft man

1) Von den zahlreichen, aber durchweg übereinstimmenden Versuchen seien auch hier der Kürze halber nur einige besondere Versuchsformen durch einzelne Beispiele vorgeführt.

Digitized by Google

während der Ruhe-Pausen auf die Reflexerregbarkeit der Markstücke, so wird sofort ein neuer Krampfanfall in dem zugehörigen Körpertheil ausgelöst. Bis fast zum Tode ist das Reflexvermögen des Vorder- wie Hintermarks sehr beträchtlich erhöht.

Versuch II. wird genau wie Nr. I. ausgeführt; nur wird, um alle dyspnoischen Effecte fernzuhalten, schon vor Beginn der Vergiftung ausgiebige, künstliche Respiration eingeleitet. Gleichwohl brechen auch jetzt noch die Convulsionen in ungeschwächter Heftigkeit am Hinter- wie Vorderthiere aus.

Versuch III. Einem Kätzchen von c. 3 Monaten wird vorsichtig das Rückenmark durchschnitten, doch folgt die Vergiftung (2 Ccm.) unmittelbar der Operation. Auch hier treten sehr deutliche Convulsionen in Hinterbeinen und Schwanz auf, stehen diese jedoch merklich den Krämpfen des Vorderkörpers nach.

Versuch IV. Der vorige Versuch wird genau gleich an einem ganz jungen, noch blinden Kätzchen wiederholt, unmittelbar nach der Operation das Thierchen vergiftet. Schon nach einigen Minuten treten auch am Hinterkörper die Muskelkrämpfe in sehr energischer Weise auf, stehen jedenfalls um Nichts zurück hinter den gleichzeitig herrschenden Krämpfen des Vorderthieres.

Versuch V. wird genau gleich wie Nr. IV. an einem etwa 8 Tage alten Kaninchen ausgeführt, mit genau gleichgünstigem Erfolg.

Versuch VI. bildet eine exacte Wiederholung von Nr. V. an älteren, aber noch nicht ganz ausgewachsenen Kaninchen. Während der Vorderkörper ausgiebige Vergiftungserscheinungen zeigt, lassen sich nur geringe und rasch vorübergehende Convulsionen an Hinterbeinen und Schwanz beobachten.

Versuch VII. Einer ausgewachsenen Taube wird das Rückenmark in der Höhe des vorletzten Brustwirbels durchschnitten und unmittelbar darauf das Thier durch subcutane Injection einiger Ccm. unserer Giftlösung vergiftet. Auch hier zeigen sich, allerdings etwas weniger ausgiebig wie vorn, doch recht deutliche Krämpfe in Hinterbeinen und Schwanz.

Versuch VIII. Ein frisch eingefangener Frosch wird Mitte Juli entsprechend operirt. Hinter den Schultern schneide ich ein kleines Loch in die Rückenhaut, dringe mit feinem Messer in den Wirbelkanal ein und durchtrenne das Mark. Um jedoch ganz sicher zu gehen, führe ich jetzt noch ein geeignetes Stäbchen unter den Wirbelbogen nach vorn und zermalme so den ganzen vordern Abschnitt des Centralmarkes. Bei dem ganzen Verfahren ist die Blutung geradezu Null. — Die centralen Functionen des Vorderthieres sind gänzlich erloschen, die Reflexe des Hinterthieres aber gewöhnlich schon unmittelbar nach dem Eingriffe sehr gut. Gleichwohl warte ich meist noch c. 10—15 Min., injicire dann einige Ccm. meiner Lösung in die Bauchhöhle. Nach weiteren 10 Min. beginnt nun scheinbar ganz spontan ein seltsames Spiel der bisher in völliger Ruhe verbliebenen Hinterbeine, es gerathen dieselben in die mannigfaltigsten, ausgiebigsten klonischen Convulsionen, die nur kurze Ruhepausen zwischen sich lassen. Prüft man in diesen Pausen die

Digitized by Google

Reflexerregbarkeit, so findet man dieselbe auf's Höchste gesteigert; jede leise Berührung kann eine ganze Reihe neuer Bewegungen auslösen. — Aber auch in ihrer Dauer dürften diese Krämpfe jenen intacter Thiere kaum nachstehen. Ich habe solche Convulsionen allerdings mit immer mehr wachsenden Ruhepausen durch viele (6—8) Stunden andauern sehen; selbst zu einer Zeit, wenn diese „spontanen" Krämpfe endlich verschwinden, bleibt immer noch eine sehr hohe Reflexerregbarkeit zurück, nach jeder Berührung der Haut können dann noch geradezu strychninähnliche Streckkrämpfe der Hinterbeine ausbrechen.

Während der ganzen Zeit ist am Vorderkörper alles in Ruhe.

Versuch IX. Der vorige Versuch wird in den Monaten November und December wiederholt. Es zeigen sich bisweilen gar keine, stets nur geringfügige Krämpfe, das Reflexvermögen ist jedoch erheblich gesteigert.

Versuch X. Einem Winterfrosch wird das Rückenmark durchschnitten, der vordere Markabschnitt aber diessmal geschont. Erst längere Zeit (20—30 Min.) nach der Vergiftung mit 2 Ccm. meiner Lösung geräth das Vorderthier in deutliche, wenn auch nicht sehr ausgiebige Convulsionen, während am Hinterthier nur schwache, zuckende Bewegungen an den Zehen zu bemerken sind.

In diesen an den verschiedensten Thierklassen ausgeführten Versuchen finden wir also wirklich eine Reihe gut übereinstimmender, günstiger Ergebnisse. Ja in nicht wenigen, allerdings besonders glücklichen Fällen, war in Zeit und Stärke des Auftretens geradezu kein Unterschied der Krämpfe an beiden Thierstücken bemerkbar. Auch trotz energischer künstlicher Respiration blieben jene Convulsionen gleichwohl unverändert bestehen. Es kann also weder die gleichzeitig herrschende Dyspnoe, noch eine blosse, strychninähnliche Erregbarkeitserhöhung des Marks irgendwie deren Ursache sein, diese Fälle beweisen vielmehr zur Evidenz eine directe Reizung der motorischen Centren des Rückenmarkes durch Pikrotoxin.

Allerdings traten auch negative Fälle auf, in denen die Krämpfe entweder gänzlich fehlten oder doch nur höchst unbedeutend entwickelt waren. In grossen Versuchsvariationen haben solche Ausnahmen aber immer nur die Bedeutung spezieller Fälle, die ein positives Ergebniss anderer Versuche natürlich in Nichts erschüttern können, ja in bestimmter Verbindung mit andern Veränderlichen oft einfachste Erklärung finden.

In der That, bei Warmblütern haben wir ganz allgemein günstigen Erfolg zu erwarten, wenn das abgetrennte Rückenmark durch gutes Reflexvermögen eine volle Erregbarkeit anzeigt. Dess-

Digitized by Google

halb sind die Convulsionen am kräftigsten einige Tage nach der Durchschneidung, wenn das Rückenmark Zeit gehabt hat, sich von der Chocwirkung des Schnittes zu erholen; desshalb treten aber auch schon unmittelbar nach der Operation die Vergiftungserscheinungen mit grosser Energie auf bei neugebornen Thieren, deren Rückenmark eben durch den Schnitt nur äusserst wenig zu leiden scheint — eine Thatsache von vielleicht allgemeinerem theoretischen Interesse.

Dagegen braucht die geringe Intensität, ja der gänzliche Wegfall der Krämpfe bei Kaninchen nicht Wunder zu nehmen. Denn eine äusserst geringe Reflexerregbarkeit, ein nicht seltner Mangel jeglicher Erstickungserscheinungen des Hinterthieres zeigen zu deutlich den schwerschädigenden Einfluss an, den die Durchschneidung des Rückenmarkes nur zu oft bei diesen Thieren mit sich bringt.

Aber auch von Winterfröschen sind nicht wenige negative Ergebnisse verzeichnet. In noch frischer Erinnerung an jene mächtigen Krämpfe meiner Frösche aus den Wochen des Juli und August fand ich bei einer Wiederholung der Versuche in den ersten kalten Tagen dieses Wintersemesters zu anfänglich grösster Ueberraschung die Krämpfe sehr gering, manchmal fehlend. Hier kann die Chocwirkung des Schnittes jedenfalls nicht in Betracht kommen, denn diese scheint überhaupt bei Kaltblütern sehr gering zu sein. Dagegen wird man lebhaft an jene alten, bei toxikologischen Untersuchungen leider immer noch zu wenig berücksichtigten Versuche von Kunde[1]) erinnert, welcher schon 1860 für den Frosch eine enorme Abhängigkeit der Strychninwirkung von der herrschenden Körpertemperatur aufdeckte. Diess führte zu weiteren Versuchen.

Versuch XI. Drei geräumige Glasgefässe A, B, C werden mit Wasser verschiedener Temperatur gefüllt. A wird durch Eisstücke auf 0° gehalten, C auf c. 30—32° gewärmt [2]), während B Wasser von Zimmertemperatur von c. 12—15° enthält. In jedes Gefäss wird je ein Frosch gebracht, nach c. 10 Min., sobald Frosch C durch frequente Respiration die Durchwärmung

1) Virchow's Archiv Bd. XVIII.

2) Man hüte sich, die Temperatur wesentlich höher zu nehmen, da sonst die Erwärmung sehr leicht anstatt der beabsichtigten Erregbarkeitssteigerung eine gänzliche Lähmung des Centralnervensystems bedingen könnte.

Digitized by Google

anzeigt, ein jeder mit gleicher Dose (2 Ccm.) Pikrotoxin durch subcutanen Einstich vergiftet.

Schon 2—3 Minuten hernach geräth der gewärmte Frosch C in die kräftigsten Convulsionen, bekömmt dagegen Frosch B erst nach 10—20 Min. Krämpfe, zeigt endlich der die ganze Zeit über neben schmelzendem Eise gehaltene Frosch A drei volle Stunden keine Spur von Vergiftung und erleidet ganz unerwarteter Weise erst im Verlauf der vierten Stunde noch den characteristischen Anfall.

Wird zur Controle noch ein zweiter Frosch in Gefäss C gesetzt, so bekömmt dieser durch die blosse Temperaturerhöhung keine Spur von Krampf; wird ein vergifteter Eisfrosch, der jedoch noch gar keine Andeutung einer Vergiftung zeigt, gewärmt, so brechen schon nach kürzester Zeit ausgiebigste Convulsionen aus; umgekehrt verschwinden — zwar nicht sofort, aber nach einiger Zeit — die Vergiftungserscheinungen eines gewärmten Pikrotoxinfrosches, sobald er in Eis gesetzt wird, um jedoch in höherer Temperatur mit erneuter Macht wiederzukommen.

Mit diesen Versuchen ist für Kaltblütter ein mächtiger Einfluss der Körpertemperatur auf den Gang und die Intensität der Pikrotoxinvergiftung zur Evidenz erwiesen, und es liegt nahe, in der verschiedenen Temperatur die wesentlichste Ursache des verschiedenen Verhaltens der Sommer- und Winterfrösche zu vermuthen.

Versuch XII. Ein Winterfrosch wird in Wasser von c. 32° einige Zeit gewärmt, genau wie in Versuch VII operirt, mit 2 Ccm. unserer Lösung vergiftet, wieder zurück in den warmen Raum gebracht. Nach c. 5—10 Min. erscheinen nun oft in grosser Lebhaftigkeit die besagten Convulsionen der Hinterbeine.

Versuch XIII. Ein Winterfrosch gewöhnlicher Temperatur wird mit etwa 2 Ccm. der Giftlösung vergiftet, nach etwa 5 Minuten in besagter Art med. obl. und Hirn eliminirt. Wird jetzt der enthirnte Frosch gewärmt, so treten auch hier mit Eintritt der Durchwärmung mehr weniger starke Convulsionen der Hinterbeine auf.

Die Kälte hinderte im Versuch XI den Eintritt der Vergiftung nicht vollständig, verzögerte ihn nur ungemein. Denn auch der Eisfrosch bekam, freilich erst sehr spät die characteristischen Convulsionen; es ist denkbar, diese lange Latenzzeit durch Injection grösserer Dosen abzukürzen. In der That ist es z. B. auch mit Strychnin möglich, selbst bei eiskalten Fröschen rasch eintretenden Tetanus zu provociren, so wie man nur grössere Mengen injicirt.

Versuch XIV. Einem Winterfrosch wird Hirn und med. oblongata zermalmt, in die a. aorta eine Canüle eingebunden, und unter schwachem Drucke erst nur verdünnte Kochsalzlösung, darauf aber in derselben gelöstes

Digitized by Google

Pikrotoxin eingeleitet. So lange die Salzlösung durchfliesst, regt sich keine Faser, während unter dem Einfluss des Giftstroms sehr bald erst schwache, dann immer mehr bis zu beträchtlicher Höhe wachsende Krämpfe der Hinterbeine sich entwickeln.

Versuch XV. wird ganz so wie Nr. XIV ausgeführt, nur steckt die Canüle in der v. abdom., es folgt ein gleich günstiges Resultat.

Versuch XVI. Ende December wird einem Frosch das Rückenmark durchschnitten, Hirn und Halsmark zermalmt. Nach c. 10 Min. werden durch Einstich in die Bauchhöhle 8 Ccm. der Giftlösung injicirt. Nach c. 20—30 Min. traten auch hier, schon ohne Erwärmung recht erhebliche Krämpfe der Hinterbeine auf.

Damit dürften wir endlich auch genügende Aufklärung für jenes seltsam abweichende Verhalten der Winterfrösche in Nr. IX und X gefunden haben.

b. Krampferscheinungen anderer Apparate.

Die oberflächlichste Betrachtung eines vergifteten Thieres zeigt schon vor Ausbruch der Krämpfe enorm beschleunigte Athmung. Auf der Höhe der Convulsionen sind stark verengte Pupillen, profuse Speichel- und Schweissecretion augenfällig. (Letztere natürlich bezieht sich nur auf Katzen.) Schon Röber machte ferner auf eine beträchtliche Reizung der herzhemmenden Vagusfasern aufmerksam, die er durch Inspection des Herzschlages constatirte.

Verbindet man die a. carotis eines curarisirten Thieres (Kaninchen oder Katze) mit dem Manometer des Kymographions und vergiftet durch eine Injection einiger Ccm. meiner Giftlösung in die v. jugularis, so kann man einmal die Wirkung des Giftes auf das herzhemmende Vaguscentrum aufs schönste demonstriren, dann aber sieht man zugleich trotz des sehr verlangsamten Pulses ein enormes Ansteigen des Blutdruckes. Diese Reizung der vasomotorischen Centren zeigt sich natürlich noch durchsichtiger, wenn man dem curarisirten Thiere schon vor der Vergiftung die beiden nn. vagi durchschnitten hat. Schon etwa 15—20″ nach der venösen Injection einiger Ccm. Pikrotoxinlösung folgt in wellenförmigen Absätzen ein enormes Steigen des Blutdrucks (in einem Falle von 93—230 mm. Hg.), der sich einige Minuten unter grossen, wellenförmigen, den Traube'schen ähnlichen Schwankungen auf der Höhe erhält, um hernach langsam, unter flacheren Wellen abzusinken. Auch in diesem letztern Stadium gelingt es noch leicht

Digitized by Google

durch Reflexe sofort wieder eine Steigerung des Blutdrucks hervorzurufen.

Beim Anblick all dieser Erscheinungen wird man lebhaft an jene durchaus gleiche Wirkung einer Erstickung oder einer Strychninvergiftung erinnert.

Das Pikrotoxin wirkt also nicht etwa bloss auf die motorischen Ganglienzellen, es bewirkt vielmehr eine allgemeine Reizung des Centralnervensystems, denn es zeigt sich die ganze Reihe jener übrigen, von demselben abhängigen Functionen gleicherweise enorm gesteigert.

Wie die Muskelkrämpfe, so werden wohl auch die andern Erregungen des Rumpfes nur von der Existenz des Rückenmarks abhängen, sie werden trotz Abtrennung der med. oblongata gleichwohl noch in Erscheinung treten.

Versuch XVII. Eine mittelgrosse Katze wird tracheotomirt, künstliche Respiration eingeleitet, das Rückenmark in der Höhe des Atlas blossgelegt und mit scharfer Scheere von der med. oblongata getrennt, der eine Hüftnerv durchschnitten, das Thier durch subcutane Injection einiger Ccm. Pikrotoxinlösung vergiftet. Nach einigen Minuten erfolgt der Ausbruch der Krämpfe, gleichzeitig sieht man aber auch jetzt noch profuse Schweisssecretion an allen drei intacten Pfoten ausbrechen, nur die operirte Seite bleibt vollkommen trocken.

Versuch XVIII. Ein älterer Kater wird in Chloroformnarkose tracheotomirt, künstliche Respiration eingeleitet, beide nn. vagi und sympathici durchschnitten, das Rückenmark in der Höhe des Atlas durchtrennt, durch venöse Injection das Thier schwach curarisirt, endlich die a. carotis mit dem Manometer des Kymographions verbunden. Der niedrige, durch viele Minuten hindurch höchst gleichmässige Stand des Schwimmers verzeichnet einen Druck von 43 mm. Hg. Nun wird das Thier durch gleichfalls venöse Injection von 8 Ccm. der Pikrotoxinlösung vergiftet. Noch ungefähr eine Minute bleibt der Druck auf dem niedrigen Stande, hebt sich darauf erst sehr langsam, dann aber in immer grössern Zügen auf die gewaltige Höhe von 198 mm., ist also ohne med. oblongata um volle 155 mm. gestiegen.

Auf dieser Höhe schwankt der Druck in grossen Wellen auf und ab; ein Bild, das zu deutlich an jene für diese Vergiftung so sehr characteristischen klonischen Convulsionen der Glieder erinnert. Nach einigen Minuten endlich beginnt der Druck wieder zu sinken, um auch jetzt noch gerade so gut wie beim völlig intacten Thiere durch jede sensible Reizung um ein Bedeutendes sich zu erheben.

Auf der Höhe des Blutdrucks trat eine lang anhaltende Erection ein, der eine Samenentleerung folgte.

Versuch XIX. Mit genau gleichem Erfolg wird Versuch XVIII an

Digitized by Google

einigen mittelgrossen Kaninchen ausgeführt; auch hier stieg in mehreren Fällen, trotz Abtrennung des verlängerten Markes, der Blutdruck ebenfalls um beträchtliche Werthe (100—180 mm. Hg.) und zeigte reflectorische Steigerungen von 72 mm. Hg.

Curve IV. möge diese Versuche veranschaulichen.

Versuch XX. Eine Katze wird tracheotomirt, künstliche Respiration eingeleitet, die rechte a. carotis und beide aa. subclaviae ligirt, die linke carotis endständig mit dem Manometer des Kymographions verbunden, aber vorläufig (vgl. oben) noch gesperrt; dann für c. 10 Min. eine Klemme an den Aortenbogen gelegt. Oeffnet man nach dieser Zeit erst die Aortenklemme, unmittelbar darauf die Verbindung mit dem Manometer, so zeigen sich alle jene schon Seite 528 beschriebenen Erscheinungen, die eine noch gute Erregbarkeit der Gefässwand bekunden. Dagegen ist auf lange Zeit die Erregbarkeit des Markes gänzlich erloschen. Spritzt man in diesem Stadium, wo weder durch Reflexe noch durch Erstickung irgend eine Erregung mehr auszulösen, beliebige Mengen Pikrotoxin in die Blutbahn, so verharrt jetzt der Blutdruck gleichwohl unverändert auf seinem niedrigen Stande.

In einigen Fällen allerdings kann nach mehr weniger langer Zeit die Erregbarkeit des Markes wiederkehren. Dann erst, oft viele Minuten nach der Injection treten die Wirkungen des Giftes in Erscheinung, treten die characteristischen Muskelkrämpfe auf, und in deren Begleitung allerdings auch geringe Steigerungen des Blutdrucks.

Bedürfte es nach den Ausführungen unseres zweiten Abschnittes noch irgend eines Beweises für die Existenz von Gefässcentren im Rückenmarke, so müssten diese Versuche jeden weitern Zweifel erdrücken.

Aber unsere Versuchsreihen XVII, XVIII, XIX sind gleichzeitig auch in schönster Uebereinstimmung mit jenen andern Eingangs mitgetheilten Experimenten. Auf breitester Grundlage dürfen wir endlich als wesentlichstes Resultat unserer Untersuchung aussprechen: Auch für jene so ausgezeichnete Krampfwirkung des Pikrotoxins bedarf es keines besonders räthselhaften Angriffspunctes, bedarf es keines spezifischen Krampfcentrums, denn jede Ganglienzelle der Vorderhörner des Markes ist gleicherweise schon für sich reizbar für dieses merkwürdige Gift.

Damit sei jedoch keineswegs ein gewisser Einfluss der med. oblongata auf Entwicklungszeit und Stärke der Krämpfe geleugnet. Unsere Versuche an Winterfröschen mit bloss durchschnittenem Rückenmarke scheinen wirklich auf eine Mitwirkung des verlängerten Markes hinzuweisen.

In der That, die Angriffsweisen des Pikrotoxins werden iden-

Digitized by Google

tisch sein mit jenen der Dyspnoe. Es werden einmal die Enden der centrifugalen Nerven in den Vorderhörnern direct gereizt, dann aber fügt sich bei intactem Centralnervensystem zu dieser Reizung noch hinzu eine Reizung jener merkwürdigen, schon im ersten Abschnitt näher besprochenen Gegend der med. oblongata, die durch lange Verbindungsbahnen mit dem gesammten Rückenmarke in directe Beziehung gesetzt eine kurze Zusammenfassung aller jener Functionen vorstellt. Ist die Erregbarkeit gering, ist die Dosis sehr klein, so werden nach einer Durchschneidung des Rückenmarks die Krämpfe vorwiegend am Vorderkörper auftreten müssen, da sich hier zwei, allerdings schwache Erregungen summiren. Umgekehrt wird bei maximaler Erregbarkeit, bei grössern Dosen jener Einfluss des verlängerten Markes sich immer mehr der Beobachtung entziehen, da eben die directe Reizung der Vorderhörner allein schon mächtige Krämpfe hervorruft.

Endlich wird es uns leicht, die Ergebnisse der frühern Untersuchungen zu beurtheilen. Die sämmtlichen Versuche mit Rückenmarksdurchschneidungen waren ausschliesslich nur am Frosch angestellt, und war hier der wichtige Einfluss der Temperatur, wie es scheint, gänzlich vernachlässigt.

Einzig Röber gibt einige nähere Angaben. Er hat seine Versuche im Berliner physiol. Laboratorium in den ungünstigen Monaten October und November angestellt. Ausserdem dürfte sein Operationsverfahren an dem gänzlichen Ausfall jeglicher Krämpfe des Hinterthieres nicht geringe Schuld tragen. Zur Abtrennung des „Krampfcentrums" legt sich Röber entweder die med. oblongata durch Abtragen des Schädeldaches, sowie des ersten Wirbelbogens bloss, oder er durchschneidet das Rückenmark sammt der ganzen Wirbelsäule mit einer Scheere etwas unterhalb der Schulter. In beiden Fällen ist grosser Blutverlust wohl unvermeidlich. Das Gift wird in den meisten Versuchen erst nach der Durchschneidung injicirt. Die vorausgegangenen starken Blutungen werden sicherlich die ja sonst schon auffallend langsame Resorption desselben auf ein Minimum beschränken.

Ein flüchtiger Blick auf unsere Versuchsresultate zeigt, wie gute Bestätigung dieselben unserer Eingangs entwickelten Anschauung bieten.

Die nächsten Centren aller Functionen des Rumpfes

Digitized by Google

liegen im Rückenmarke. Reizt irgend ein Stoff irgend eines dieser Centren, so müssen auch alle übrigen Centren durch den nämlichen Stoff erregt werden können.

In der Literatur sind eine Reihe von Giften bekannt, die auch ohne med. oblongata Steigerungen des Blutdruckes hervorrufen: Kalisalze, Barytsalze, Calabar, Digitalin, Delphinin, Ammoniak. Bei all diesen Agentien pflegte man den wirksamen Angriffspunct in irgendwelche periphere Apparate in die Gefässwand, oder gar in die Darmwand etc. zu verlegen.

Die nächste Deutung dürfte auch hier nunmehr mit jenen nun einmal mit aller Schärfe nachgewiesenen spinalen Gefässcentren zu rechnen haben. Es handelt sich zudem um Substanzen, die ja fast insgesammt auch andere Centren des Markes mit aller Energie zu erregen fähig sind.

In der That habe ich schon frühzeitig Katzen und Sommerfrösche mit durchschnittenem Mark durch Nicotin, Ammoniak, Pilocarpin vergiftet, darauf auch am Hinterthier mächtige motorische Erregungen beobachtet; es waren diese Krämpfe aber damals noch eine Erscheinung, welche meine Aufmerksamkeit ganz ausschliesslich zu fesseln vermochte.

Nachschrift.

Kaum hatte ich vorstehenden Aufsatz niedergeschrieben, erschien eine Mittheilung von Nawrocki[1]) über die Innervation der Schweissdrüsen, die — wäre sie triftig — gerade den Ausgangspunct der eben mitgetheilten Untersuchungen lebhaft in Frage stellen müsste.

Schon im Band XIV dieses Archivs hatte ich von Versuchen berichtet, in denen bei Katzen das Centralmark am Ende des Brusttheils getrennt war, wo aber unter bestimmten Bedingungen gleichwohl auch an den Hinterpfoten noch Schweisssecretion beobachtet werden konnte, und dieselbe erst ausblieb, wenn das abgetrennte Rückenmark gänzlich zerstört wurde. Der bündige Schluss aus diesen Versuchen war, dass eben in jenem abgetrennten Stück Centralnervensystem nicht nur morphologisch, vielmehr auch physiologisch nächste Centren für die Schweissnerven der Hinterpfote existiren.

---

1) Centralblatt f. d. med. Wissenschaften 1878. Nr. 1 u. 2.

Digitized by Google

Unter anscheinend gleichen Bedingungen fand nun aber im Gegentheil Nawrocki die Hinterpfoten völlig trocken, die Vorderpfoten dagegen in voller Secretion, wenn der Schnitt etwa in der Mitte des Brustmarkes geführt war; es versiegte aber weiter jegliche Secretion an allen vier Pfoten gänzlich, sobald das Rückenmark in der Höhe des Atlas getrennt wurde. Danach sollte für die Schweissnerven aller Pfoten ein einziges, gemeinschaftliches Centrum oberhalb des Schnittes vorkommen, sollten von diesem wohl in der med. oblongata gelegenen merkwürdigen Punkt ganz ausschliesslich centrale Erregungen der Schweissnerven ausgehen können. Jene alte Lehre, welche den alleinigen Sitz der Gefässinnervation, den ausschliesslichen Sitz besonderer Krampfcentren etc. einzig und allein dem verlängerten Marke zuerkennen, dem Rückenmarke dagegen nur die Rolle eines blossen Leiters zuschreiben will, scheint hier einen letzten Vertheidiger gefunden zu haben.

Aber jene anscheinend gleichen Versuchsbedingungen sind eben in Wirklichkeit nicht gleich.

Während ich meist mehrere Tage nach der Operation die Versuche anstellte, die Thiere zur Erwärmung in einen Brütofen von c. 60—70° C. Lufttemperatur brachte, und darin verweilen liess, bis eine enorm gesteigerte Athemfrequenz ausgiebigste Erwärmung anzeigte; die Thiere weiter erstickte bis mächtige Krämpfe des Hinterthieres auftraten, hat Nawrocki wenigstens einen Theil seiner Versuche in der ungünstigsten Zeit der Chocwirkung anstellen müssen, setzte er seine Thiere nur Lufttemperaturen von c. 44—47° aus, erstickte „bis zum Auftreten asphyktischer Erscheinungen." Seine Thiere waren aber meist curarisirt, mit Recht muss man fragen, was für asphyktische Erscheinungen Nawrocki denn wirklich beobachtete. Auf jeden Fall scheint auch die Dyspnoe in seinen Versuchen lange nicht weit genug gediehen zu sein.

Bei geringer Erregbarkeit und schwachen Reizen kann es sich allerdings sehr wohl ereignen, dass nach einer Durchschneidung des untern Brustmarks zwar noch reichliche Secretion der Vorderpfoten auftritt, an den Hinterpfoten jedoch keine Spur von Schweiss sich zeigt. Solcher Fälle habe ich selbst schon damals in meiner zweiten Mittheilung (diess Archiv Bd. XIV.) gedacht, ihr Vorkommen braucht durchaus Nichts besonderes zu beweisen.

Die spinalen Schweisscentren sind einmal direct reizbar durch

Digitized by Google

Hitze, Dyspnoe etc.; sind aber nach einer Durchschneidung des untern Brustmarkes die spinalen Schweisscentren für die Drüsen der Vorderpfoten noch in natürlicher Verknüpfung mit Hirn und verlängertem Marke, so summirt sich eben zu einer directen Reizung des Rückenmarks durch jene Agentien noch hinzu eine Reizung jenes schon oben discutirten, aus dem Ergebnisse des Kussmaul-Tenner'schen Versuches erschlossenen zusammenfassenden Centrums in der med. oblongata, ausserdem endlich noch jene, wie es scheint, von Nawrocki nicht näher gewürdigten[1]) Erregungen des Grosshirns, die sich als Angstschweiss offenbaren. Kein Wunder also, wenn sich das Resultat einer solchen dreifachen Reizung früher und stärker zeigt, als der Effect einer einfachen Reizung der spinalen Centren allein.

Aber auch diese Reizung spinaler Schweisscentren ist gleichwohl mit aller Sicherheit zu erweisen. Zwar dürfte schon das ganze Ergebniss meiner oben mitgetheilten Versuchsreihen volles Vertrauen in die Zuverlässigkeit meiner frühern Angaben wecken. Gleichwohl lag mir daran, noch einige Thiere zu opfern; ich durfte hoffen, vielleicht exacter noch als früher die nähern Bedingungen angeben zu können, und damit eine Bestätigung meiner Angaben Andern wesentlich zu erleichtern.

In diesen Versuchen legte ich mir die membr. atlanto-occipitalis sauber frei, eröffnete den Wirbelkanal, und durchschnitt mit scharfer Scheere das vollkommen klar vorliegende Rückenmark mehrere Millimeter unter der Spitze der Rautengrube.

Um die Operation mit grösster Ruhe ausführen zu können, curarisirte ich vorher das Thier.

Um die Erstickung möglichst weit treiben zu können, ohne durch einen einmaligen Versuch das Thier verlieren zu müssen, verband ich eine a. carotis mit dem Manometer eines Kymographions; ich hatte so fortwährend in der Stärke und Frequenz des Pulsschlags ein warnendes Signal vor Augen.

Ferner waren stets vorher beide nn. vagi durchschnitten, um unnöthige Störungen der Circulation auszuschliessen.

Endlich war stets der eine Hüftnerv durchschnitten. Eine

1) Denn sonst wäre die Bemerkung von Nawrocki unverständlich, dass Katzen nach Unterbindung beider Carotiden schwitzen, sie schwitzen eben schon beim blossen Aufbinden auf das Versuchsbrett.

Digitized by Google

Vergleichung beider Hinterpfoten gibt dann eine gute Controle, sie ermöglicht schon kleinste Schweissspuren mit Sicherheit als Folge des Eingriffs zu erkennen.

Unterbreche ich jetzt die künstliche Athmung, so treten schon gegen Ende der ersten Minute kleine Schweisströpfchen auf, die wie zarter Thau die nackte Pfotenhaut bedecken; im Verlauf der zweiten, noch mehr aber im Verlauf der dritten Minute wachsen diese Tröpfchen an Zahl und an Stärke, sie sind dann ohne weiteres Jedem leicht deutlichst sichtbar, ja sie benetzen dann sogar häufig durch Zusammenfliessen die gesammte Pfotenhaut. Wird endlich Ende dritter Minute die Respiration wieder aufgenommen, so verstärkt sich die Secretion anfänglich noch geradezu, um hernach natürlich bald wieder zu schwinden.

Aber auch schon im Beginn einer Erstickung, wenn der feine Thau noch schwierig zu sehen, kann man gleichwohl die bestehende Secretion schon leicht sichtbar machen durch einen leichten, seitlichen Druck auf die Pfote. Natürlich ist dann aber solches Auspressen der Pfote schon vor jedem Versuche vorzunehmen, um etwa schon vorher gebildetes Secret mit Sicherheit ausschliessen zu können.

Aber auch durch andere Eingriffe ist die Existenz der Schweisscentren des Rückenmarkes leicht zu demonstriren. Jedem Skeptiker möchte ich in der That vor Allem eine Wiederholung jener Versuche XVII aus Abschnitt III vorstehenden Aufsatzes rathen. Denn gerade so wie mächtige Convulsionen der Skeletmuskeln und starke Gefässkrämpfe vom blossen Rückenmarke aus durch Pikrotoxin angeregt werden, bricht gleicherweise auch trotz abgetrennter med. oblongata eine starke Schweisssecretion aus.

Ist endlich das Centralmark tiefer unten, in dem untern Brusttheil durchschnitten, und hat man einige Tage gewartet, so gelingen alle diese Versuche noch enorm viel leichter, als unmittelbar nach einer Durchschneidung in der Höhe des Atlas.

Selbstredend wurde auch bei diesen Versuchen jedesmal eine sorgfältige Section angestellt und wurden nur vollständig gelungene Operationen zur Diskussion benutzt.

Damit dürften auch jene negativen Angaben Nawrocki's meinen zahlreichen positiven Befunden gegenüber jegliche Schlusskraft verlieren.

Digitized by Google

(Aus dem physiologischen Laboratorium in Zürich.)

Die Schweissfasern für die Vorderpfote der Katze.

Von

B. Luchsinger.

Nachdem ich in einer frühern Untersuchung[1]) für die Schweissnerven der Hinterpfote einen so eigenthümlichen Verlauf erwiesen, war es einmal Sache der Ordnung, auch die Vorderpfoten in angedeuteter Richtung zu prüfen; musste dann aber weiter eine solche Untersuchung auch ein allgemeineres Interesse wecken, da sie ohne Zweifel eine breitere Grundlage bieten wird für anatomische Speculationen über andere bisher noch nicht untersuchte Schweissnerven[2]).

Durchschneidet man den n. medianus und reizt sein peripheres Ende, so bekommt man Schwitzen auf den Ballen der zwei median gelegenen Finger, auf der medianen Seite des vierten, sowie auf dem grössten Theil der Sohle.

Reizt man den n. ulnaris, so tritt Schweiss auf den beiden ulnar gelegenen Fingerspitzen, meist auch auf der ulnaren Partie der Sohle auf.

Die Erfolge der Durchschneidung bestätigen vollkommen die Resultate der Reizversuche. An den erwähnten Stellen fällt nach einer Durchschneidung der Nerven jegliches Schwitzen aus Hitze, sowie aus Dyspnoe weg.

In diesen beiden Nerven liegen also sicher die Schweissfasern der Pfote.

Die Schweissnerven haben nun aber nicht von Anfang ab

1) Diess Archiv Bd. XIV.

2) Ganz besonders denke ich hier an die Schweissnerven des Kopfes. Denn jene alten Versuche von Dupuy, Bernard u. A. bedürfen nunmehr dringend einer Revision. An Pferd und Rind habe ich schon vor geraumer Zeit die Untersuchung begonnen, und behalte mir nunmehr diese Frage ausdrücklich vor.

Digitized by Google

einen gemeinsamen Verlauf mit jenen andern motorischen und sensiblen Fasern jener Stämme, sie besitzen vielmehr einen völlig andern Ursprung und schliessen sich besagten Nerven erst später an.

Für die Hinterpfoten liegen die Schweissfasern gemeinschaftlich mit den gesammten Gefässnerven des Hinterbeines in dem Bauchstrang des Sympathicus und gesellen sich erst tiefer unten dem pl. ischiadicus zu.

Für die Vorderpfoten haben die Untersuchungen von Schiff[1]), Bernard[2]), Cyon[3]) übereinstimmend dargethan, dass deren Gefässnerven entweder ganz ausschliesslich oder doch zu überwiegendem Antheil aus dem Bruststrang des Sympathicus entspringen, das ggl. stellatum durchsetzen und dann erst, in mehrere Fasern vertheilt, zu dem pl. brachialis treten.

Gründe genug, auch hier die Aufmerksamkeit hauptsächlich jenen sympathischen Bahnen zuzuwenden.

Eine Katze wird chloroformirt, tracheotomirt, künstliche Respiration eingeleitet, auf der linken Seite werden um die ersten beiden Rippen hinten und vorn Ligaturen gelegt, darauf die Rippen resecirt, die Lungenspitze mit kleinen Schwämmchen etwas nach unten gedrückt. Wird nun in der Tiefe der Wunde der Grenzstrang aufgesucht, nach oben zu verfolgt, so trifft man leicht auf das ggl. stellatum. Dieses wird nun gänzlich ausgerottet, darauf die Athmung für 1—2 Min. angehalten. Die drei gesunden Pfoten zeigen bald reichliche, dyspnoische Secretion; jene Seite aber, deren Sternknoten exstirpirt ist, bleibt die ganze Zeit über vollständig trocken.

Bei sorgfältiger Operation ist es leicht, die Gefässe der Vorderpfote gänzlich zu schonen, noch viel weniger geräth man mit den Stämmen des Armgeflechts in Conflict. Wenn also nach Ausrottung des Sternknotens dyspnoische Schweisse ausbleiben, so müssen die Schweissfasern der Vorderpfote insgesammt durch jene ausgezeichnete Anschwellung des Grenzstrangs ihren Weg nehmen.

Nach den Versuchen von Schiff, Cyon treten sämmtliche sympathische Gefässnerven der Vorderpfote aber schon gesammelt

---

1) Untersuchungen z. Physiol. des Nervensystems, 1855; Comptes rendus 1862.

2) Comptes rendus 1862.

3) Leipziger Berichte 1868.

Digitized by Google

von unten her in den Sternknoten ein, jener den Grenzstrang mit dem ggl. stellatum verbindende Nervenfaden ist deren gemeinsame Bahn. Es genügt in der That, einzig diesen Faden zu durchschneiden, um gleichfalls schon jegliche central angeregte Secretion auf der entsprechenden Pfote zu unterdrücken.

Man führe endlich möglichst tief zwischen Sternknoten und nächstfolgendem Brustganglion einen Faden um den Grenzstrang, ligire, durchschneide und ziehe den nach oben zum Sternknoten führenden Strang an dem Faden möglichst empor, halte mit stumpfen Hacken die Wunde möglichst auseinander und reize den auf diese Weise gut isolirten Nerven mit tetanisirenden Strömen. Schon kurze Zeit nach Beginn der Reizung sieht man Schweisströpfchen auf der entsprechenden Pfote auftreten, während vollständiges Ausbleiben jeglicher Muskelzuckung für Ausbleiben trügerischer Stromschleifen, für eine gute Isolation garantirt.

Die sympathischen Fasern stammen nun aber zweifellos aus dem Rückenmark; von welchen speziellen Wurzeln sie jedoch entspringen, habe ich bis jetzt noch nicht untersucht. Man hat guten Grund die 3., 4., 5., vielleicht auch 6. Brustwurzel als die wahrscheinlichsten Bahnen zu betrachten. Denn nach den Untersuchungen von Schiff liegen in diesen Fäden auch die entsprechenden vasomotorischen Fasern.

Eine kurze Notiz dieser Versuche ist schon vor mehreren Wochen in Nr. 3 des med. Centralblattes 1878 erschienen; dieselbe war unmittelbar nach Empfang von N. 1 desselben Blattes abgeschickt, welche den Anfang von Nawrocki's schon oben angezogener Mittheilung brachte. Während aber Nr. 1 nur bekannte Verhältnisse besprach, brachte dann Nr. 2 neue Versuche, u. A. ebenfalls eine Darstellung des Verlaufs der Schweissnerven für die Vorderpfote. Die vollständige Uebereinstimmung der beiden, augenscheinlich unabhängig von einander ausgeführten Versuchsreihen erfüllt mich mit besonderer Freude.

Digitized by Google

(Aus dem thierphysiologischen Laboratorium der landwirthschaftlichen Akademie zu Poppelsdorf.)

Ueber die Quelle und Bedeutung des Fruchtwassers.

Vorläufige Mittheilung

von

Prof. N. Zuntz.

Eine verspätet zu meiner Kenntniss gekommene Mittheilung von F. Ahlfeld in Leipzig über obiges Thema[1]) veranlasst mich, die bisherigen Ergebnisse einer noch nicht ganz abgeschlossenen Untersuchung kurz mitzutheilen. Ahlfeld ist durch seine Beobachtungen an menschlichen Früchten der früheren Monate zu der Ansicht gekommen, dass „so lange die active Vergrösserung der Uterushöhle stattfindet, also ungefähr bis zur achten, neunten Woche die Hauptmasse des Fruchtwassers von den mütterlichen Gefässen aus diffundirt, dass unter günstigen Verhältnissen (veränderter intrauteriner Druck) aber auch noch in späteren Monaten von den Deciduagefässen Fruchtwasser geliefert werden kann". Einen direkten Beweis für diese Ansicht hat er nicht erbracht.

Meine Versuche an trächtigen Kaninchen, welche im Sommer vorigen Jahres angestellt und damals auch bereits in der niederrheinischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde demonstrirt wurden, zeigen zwingend, dass Substanzen aus dem mütterlichen Blute in den Liquor Amnii übergehen können, ohne den Körper des Foetus passirt zu haben; womit natürlich die Abstammung, wenigstens eines Theiles dieser Flüssigkeit, direkt aus dem mütterlichen Blute bewiesen ist.

Spritzt man einem trächtigen Kaninchen im Laufe einer Stunde langsam 30 — 40 Ccm. kalt gesättigter Lösung von indigschwefelsaurem Natron in die Jugalarvene, so geht das Thier gegen

1) Deutsche Zeitschrift für prakt. Medicin (1877 N. 43).

Digitized by Google

Ende dieser Zeit zu Grunde oder stirbt wenigstens bald, wenn man die Geschwindigkeit des Einströmens der Lösung steigert.

Oeffnet man jetzt sofort den Uterus und schält den Foetus, im intacten Amniossacke liegend, heraus, so überzeugt man sich leicht, dass das Fruchtwasser eine bläuliche Farbe hat, ähnlich aber weniger intensiv wie der Liquor Peritonaei des Mutterthiers. Der Harn des letzteren war selbstverständlich intensiv blau gefärbt. In einigen Fällen enthielt die Blase des Foetus 1 — 2 Tropfen Urin, welcher keine Spur der blauen Färbung zeigte. In keinem Organ des Foetus, speciell nicht in den Nieren und der Leber konnte die blaue Färbung nachgewiesen werden; nur der Magen enthielt in einigen Fällen blaue Flüssigkeit von ähnlich schwacher Färbung wie der Liquor Amnii. Bedenkt man nun, wie energisch Leber und Niere das indigschwefelsaure Natron aus dem Blute aufnehmen und sich damit färben, so kann man wohl aus dem obigen Befunde mit Sicherheit den Schluss ziehen, dass der Farbstoff sich nicht in merklicher Menge im Foetalblut befunden hat, in das Fruchtwasser also nicht aus diesem, sondern nur direkt aus dem mütterlichen Blute gelangt sein kann. Im Besondern spricht noch das Experiment gegen die häufig gemachte Annahme, das Fruchtwasser entstamme wesentlich den Nieren des Foetus.

Wenn so erwiesen scheint, dass das mütterliche Blut die Quelle des Fruchtwassers sei, so weist weiterhin der Befund im Magen darauf hin, dass der Foetus dasselbe schlucke und auf diese Weise einen nicht näher zu definirenden Bruchtheil seines Nährmaterials durch den Verdauungskanal aufnehme.

Ein experimentum crucis, welches die vorstehend entwickelte Ansicht darzuthun bestimmt war, konnte ich leider nur einmal mit positivem Erfolge anstellen, und bin auch vorläufig ausser Stande, es zu wiederholen, weil trächtige Thiere in dieser Jahreszeit selten zu beschaffen sind. Ich öffnete in der Chloralhydrat-Narcose die Bauchhöhle so weit, dass ein Theil des Uterus in der Wunde erschien. Eine mit stärkster Kalilauge gefüllte Pravaz'sche Spritze wurde dann durch den Uterus in den Foetuskörper eingestossen und der letztere durch Injektion einiger Tropfen Lauge fast momentan getödtet. Dann wird die Bauchwunde geschlossen und nach einiger Zeit dem Mutterthiere in der früher beschriebenen Weise indigschwefelsaures Natron injicirt. Wenn jetzt die blaue Färbung in dem Liquor Amnii des todten Foetus ebenso wie in

Digitized by Google

dem der lebendigen nachgewiesen werden kann, schwindet jeder Zweifel, dass der Stoff ohne Zuthun des ja längst erloschenen foetalen Kreislaufs direkt aus den mütterlichen Gefässen in das Fruchtwasser übergegangen ist. Ich habe bisher unter vielen Versuchen nur einen unzweifelhaften aufzuweisen; die anderen misslangen dadurch, dass der Liquor Amnii bei der Tödtung des Foetus mit Blut verunreinigt wurde, was die Constatirung der schwachen Blaufärbung unmöglich machte.

Digitized by Google

(Aus dem physiologischen Institute zu Christiania in Norwegen.)

Ueber die Empfindlichkeit der essigsauren (und ameisensauren) Kupfersalze als Reagentien auf Traubenzucker.

Von

Prof. Worm Müller.

Wie bekannt enthält der Harn mehrere Stoffe, welche bei Erwärmung Kupferoxyd in alkalischer Lösung reduciren, so dass die Trommer'sche Probe nicht ohne Weiteres mit Sicherheit zum qualitativen Nachweis von Zuckerspuren im Harne dienen kann.

Seit den Untersuchungen Barfoed's[1]) über das Dextrin weiss man, dass essigsaures Kupferoxyd in wässriger oder essigsaurer Lösung ein sicheres Mittel zur Nachweisung des Traubenzuckers ist, wo sich derselbe in geringen Mengen neben gewissen anderen Stoffen findet, welche beim Erhitzen das Kupferoxyd in alkalischer Lösung reduciren. Diese Stoffe sind Dextrin, Milchzucker (und Rohrzucker).

Da es von grosser Wichtigkeit ist, minimale Zuckermengen im Harne erkennen zu können, habe ich eine Reihe von Untersuchungen[2]) über die Empfindlichkeit der essigsauren (und ameisensauren) Kupfersalze als Reagentien auf Traubenzucker anstellen lassen. Der Traubenzucker war nach der Methode von H. Schwarz

1) C. Barfoed, „Om Dextrin". (Abdruck aus der Uebersicht über die Verhandlungen der k. Dän. Gesellsch. d. Wiss. 1871. Nr. 2.) C. Barfoed, „De organiske Stoffers kvalitative Analyse." Kopenhagen 1867—1877. S. 174. C. Barfoed, Journ. pr. Chemie, redigirt von Hermann Kolbe. Bd. 114. Jhrg. 1873. S. 334—342. C. Barfoed, in d. Zeitschr. f. anal. Chemie, herausgegeben von Fresenius. Bd. 12. 1873. S. 27—32.

2) Diese Versuche wurden von mir in Verbindung mit den Herren Stud. J. Hagen, Stud. H. Krohg, Stud. Schmelck und Polytechniker Tobiesen ausgeführt. Wir haben die Versuche variirt und dieselben gegenseitig controlirt.

Digitized by Google

durch Einwirkung von Salzsäure auf Rohrzucker in alkoholischer Lösung dargestellt und im Voraus auf seine Reinheit geprüft; er schmolz bei 146° C. und erwies sich somit als wasserfrei.

Wir wollen diese Versuche in 3 Gruppen theilen: I. Versuche mit wässriger Lösung von essigsaurem Kupferoxyd, $Cu(C_2H_3O_2)_2 + H^2O$. II. Versuche mit wässriger Lösung von ameisensaurem Kupferoxyd, $Cu(CHO_2)_2 + 4H_2O$. III. Versuche mit wässriger Lösung von essigsaurem Kupferoxyd mit einem Zusatz von Essigsäure. Diese Auflösung wollen wir der Kürze halber als Barfoed's Reagenz bezeichnen.

I. Versuche mit wässriger Lösung von essigsaurem Kupferoxyd, $Cu(C_2H_3O_2)_2 + H_2O$.

Barfoed benutzt eine Lösung von 1 Theil krystallisirtem essigsaurem Kupferoxyd in 15 Theilen Wasser (6.7 %). Diese ist zu concentrirt, da eine so grosse Menge essigsauren Kupferoxyds sich nicht leicht in Wasser löst, so dass man dasselbe längere Zeit bei etwas höherer Temperatur digeriren muss. Ich habe desshalb bei einer grösseren Anzahl von Versuchen eine schwächere Lösung angewendet, nämlich 1 Theil auf 25 Theile Wasser (4 %), aber selbst diese Concentration scheint zu stark zu sein; nach Verlauf längerer Zeit (Monate) scheiden sich, wenn die Temperatur des Zimmers etwas niedrig ist (14 — 15° C.) einige Krystalle essigsauren Kupferoxyds aus (möglicherweise zum Theil basisches Salz?).

Nach Barfoed kann eine wässrige Lösung von essigsaurem Kupferoxyd nur dann als ein sicheres Reagenz auf Traubenzucker angesehen werden, wenn die Einwirkung bei gewöhnlicher Temperatur stattfindet[1]). „Mit einer Lösung von neutralem essigsaurem Kupferoxyd giebt eine Lösung von Traubenzucker nach Stehen bei gewöhnlicher Temperatur einen rothen Niederschlag von Kupferoxydul. Eine Lösung von Dextrin[2]) bleibt dagegen unter gleichen Umständen mehrere Tage hindurch klar und unverändert. Beim Kochen findet einige Reduction statt; Erwärmen ist desshalb zu vermeiden."

Mit Rücksicht darauf habe ich zuerst die Einwirkung bei

1) C. Barfoed, „Om Dextrin" in Abdruck u. s. w. S. 4.

2) Milchzucker und Rohrzucker.

Digitized by Google

gewöhnlicher Temperatur untersucht; aber da das Reagenz unter diesen Umständen sich nicht weiter empfindlich zeigte, brachte ich später höhere Temperaturen in Anwendung, so dass die Versuche in folgende Gruppen zerfallen: A. Versuche bei gewöhnlicher Temperatur, und B. Versuche bei höherer Temperatur.

A. Versuche bei gewöhnlicher Temperatur.

a. Maximum der Temperatur 16° C.

Zu 5 ccm. Traubenzuckerlösung von verschiedenen Concentrationen (1 %, 1/2 %, 1/4 %, 1/8 %, 1/16 %, 1/32 %, 1/64 %, 1/128 %) wurde 1 ccm. der 6.7 %igen essigsauren Kupferoxydlösung zugesetzt. Die Reagenzgläser wurden verkorkt[1]) und mehrere Tage in einem Zimmer stehen gelassen, dessen Temperatur kaum je 15° C. überschritt. Nach Verlauf von 14 — 15 Stunden war Reduction eingetreten bis zur 1/2 %igen Lösung incl.; nach 60 Stunden begann eine Reduction in der 1/8 %igen, und erst nach 100 Stunden war dieselbe deutlich in letzterer zu erkennen. In der 1/16 %igen war dagegen bei letzt genanntem Termin nur gerade eine Spur von Reduction angedeutet.

Entsprechende Versuche wurden mit 1 ccm. Zuckerlösung von den gleichen Concentrationen und 0.5 ccm. der 4 %igen Lösung von essigsaurem Kupferoxyd durchgeführt, wie auch mit gleichen Theilen von beiden Lösungen, doch war das Resultat dieser Versuche noch weniger günstig.

b. Maximum der Temperatur 24° C.

2 ccm. Traubenzuckerlösung von 1 %, 1/2 %, 1/4 % wurden mit 1 ccm. der Lösung von essigsaurem Kupferoxyd (4 %) versetzt. In der 1 %igen trat deutliche Reduction nach 6 1/2 Stunden, in der 1/4 %igen erst nach ungefähr 9 Stunden ein. Im letzteren Falle war die Reduction, wenn auch deutlich, so doch so schwach, dass ich Versuche mit niedrigeren Concentrationen bei dieser Temperatur für meinen Zweck überflüssig fand.

---

1) da bei längerem Stehen beim freien Zutritt der Luft möglicher Weise ein schwacher Niederschlag von Kupferoxydul sich oxydiren und wieder lösen könnte. Die Vorsicht, die Gläser zu verkorken, habe ich gewöhnlich angewendet; Controlversuche haben mich indessen davon überzeugt, dass sie nicht nöthig ist, da selbst bei niederer Temperatur es längere Zeit dauert, ehe ein Niederschlag von Cu_2O sich oxydirt und löst.

Digitized by Google

Schluss und Resumé. Wässrige Lösungen von essigsaurem Kupferoxyd können bei gewöhnlicher Temperatur nicht als ein empfindliches Reagenz auf Traubenzucker angesehen werden, da dasselbe bei einer Temperatur von unter 16° C. in der $^1/_2$ %igen[1]) Lösung erst nach ca. 12 Stunden, und in der $^1/_8$ %igen[2]) erst nach 60 Stunden nachgewiesen werden konnte; bei einer Temperatur von 24° C. war das Resultat insofern etwas günstiger, als nach 9 Stunden deutliche Reduction in der $^1/_4$ %igen[3]) eingetreten war. Hiermit will ich keineswegs bestreiten, dass auch günstigere Resultate erhalten werden können, diese sind aber höchst wahrscheinlich inconstant. Weiter ist zu beachten, dass die Reaction bei diesen niederen Concentrationsgraden langsam, d. h. nach Verlauf mehrerer Stunden eintritt.

Anm. In der Hoffnung, dass Doppelsalze von essigsaurem Kupferoxyd mit essigsaurem Natron, essigsaurem Kalk (und ameisensaurem Natron) möglicherweise günstigere Resultate liefern könnten, benutzte ich Lösungen, welche auf 1 Mol. essigsaurem Kupferoxyd 1 Mol. essigsauren Kalk oder 2 Mol. essigsauren resp. ameisensauren Natron enthielten; ihr Gehalt an essigsaurem Kupferoxyd betrug 4%. Bei Anwendung von 1 ccm. Zuckerlösung und 1 ccm. der Lösung von $Cu\bar{A}_2 + 2Na\bar{A}$ erhielt ich bei einem Versuche bei einer Temperatur von nicht über 16° C. deutliche Reaction, sogar bei $^1/_8$%[4]) nach Verlauf von 20 Stunden. Aber dieses Resultat erwies sich nicht als constant, und es ergab sich aus den Versuchen, (welche ich hier, da sie doch nicht zum Ziele führten, aus Rücksicht auf den Raum nicht mittheile,) dass selbst das Doppelsalz, welches bezüglich die besten Resultate lieferte, nämlich $Cu\bar{A}_2 + 2Na\bar{A}$ dem $Cu\bar{A}_2$ nicht vorzuziehen war.

B. Versuche bei höherer (30 — 45° C.) Temperatur.

a. Temperatur 30 — 35° C.

Zu je 1 ccm. Zuckerlösung der vorerwähnten Concentrationen wurde $^1/_2$ ccm. der 4%igen Lösung von essigsaurem Kupferoxyd

---

1) Die Flüssigkeitsmenge bei diesem Versuche: 5 ccm. Traubenzuckerlösung, 1 ccm. essigsaure Kupferoxydlösung; sie enthielt 0.025 gr. Zucker.

2) Die angewendete Flüssigkeitsmenge (5 ccm. Zuckerlösung) enthielt 0.00625 gr. Zucker.

3) Die angewendete Flüssigkeitsmenge (2 ccm. Zuckerlösung) enthielt 0.005 gr. Zucker.

4) Die angewendete Flüssigkeitsmenge (1 ccm. Zuckerlösung) enthielt 0.00125 gr. Zucker.

Digitized by Google

gesetzt. Die Proben wurden in ein Luftbad von 35° C. eingesetzt. Nach 15 Stunden war die Reduction in den Proben bis $^1/_8$ %[1]) deutlich, aber nicht darunter. Bei Anwendung von 2 ccm. Zuckerlösung und $^1/_2$ ccm. essigsaurer Kupferoxydlösung konnte dagegen bereits nach $2^1/_4$ Stunden der Zucker deutlich nachgewiesen werden bis $^1/_8$ % incl. (bei $^1/_{16}$ %[2]) schwache Reduction, aber unverkennbar). Nach Verlauf von 14 Stunden war die Reduktion auch bei $^1/_{32}$ %[3]) wahrzunehmen, wenn man das Gläschen gegen eine mattschwarze Fläche hielt. Hieraus ergiebt sich, dass die Quantität der angewandten Zuckerlösung einen bestimmten Einfluss ausübt, indem die Reduction bei Anwendung von 2 ccm. prompter eintrat als bei nur 1 ccm.

b. Temperatur 40 — 45° C.

In Folge meiner Erfahrung beim vorigen Versuche wurden 2 ccm. Zuckerlösung und $^1/_2$ ccm. der Lösung von essigsaurem Kupferoxyd (4 %) angewendet. Die Proben standen ca. 17 Stunden in einem Luftbade von bis gegen 45° C.; die Reaction war hier prägnant bis zu $^1/_{64}$ % incl.[4]) Um nun eine noch schärfere Reaction zu erzielen, wurde bei einem weiteren Versuch 3 ccm. Zuckerlösung (auf $^1/_2$ ccm. der Lösung von essigsaurem Kupferoxyd[5]) verwendet. Nach ungefähr 20 Stunden konnte hier auch in der $^1/_{128}$ %igen Reduction nachgewiesen werden. Eine grössere Menge der Zuckerlösung hat also einen bestimmten Einfluss, aber es darf auch die Menge der Lösung von essigsaurer Kupferoxydlösung nicht zu klein werden, denn bei Anwendung von 4 ccm. Zuckerlösung (auf $^1/_2$ ccm. der Lösung von essigs. Kupferoxyd) war die Reduction nach etwa 20 Stunden nur bis $^1/_{32}$ % deutlich.

Anm. 1. Versuche mit Doppelsalzen führten zu ähnlichen Resultaten, doch war die Reduction eher schwächer wie stärker.

---

1) Die angewendete Flüssigkeitsmenge (1 ccm. Zuckerlösung) enthielt 0.00125 gr. Zucker.

2) Die angewendete Flüssigkeitsmenge (2 ccm. Zuckerlösung) enthielt 0.00125 gr. Zucker.

3) Die angewendete Flüssigkeitsmenge (2 ccm. Zuckerlösung) enthielt 0.000625 gr. Zucker.

4) Die angewendete Flüssigkeitsmenge (2 ccm. Zuckerlösung) enthielt 0.0003125 gr. Zucker.

5) Die angewendete Flüssigkeitsmenge (3 ccm. Zuckerlösung) enthielt 0.000234 gr. Zucker.

Digitized by Google

Anm. 2. Bei einer Temperatur von 45°C. kann es gelingen, bei Anwendung einer $^1/_4$ %igen Traubenzuckerlösung, schon nach $^1/_4$ Stunde Reduction zu erhalten; dass aber auch bei dieser Temperatur Stunden nothwendig sind, wenn es sich darum handelt geringere Mengen Traubenzucker nachzuweisen, zeigt folgender Versuch: Eine Traubenzuckerlösung von 1.8% wurde mit der Kupferacetatlösung in einem Wasserbade auf 56° C. erhitzt. Während 25—30 Minuten wurde dieselbe von 5°—45° erwärmt, ohne dass Reduction mit Sicherheit nachgewiesen werden konnte. Dieselbe trat erst nach 10 Minuten weiterer Erhitzung von 44°—56° ein.

Schluss und Resumé. Wässrige Lösungen von essigsaurem Kupferoxyd sind bei einer Temperatur von 35° C. als ein verhältnissmässig empfindliches Reagenz zu betrachten, da man mit ihrer Hülfe noch $^1/_{32}$ % nachweisen konnte (0.000625 Gr. Zucker in 2 ccm. Zuckerlösung). Bei einer Temperatur von 45° C. sind wässrige Lösungen von essigsaurem Kupferoxyd als ein sehr empfindliches Reagenz zu betrachten, da es mittelst derselben gelang, Reaction nachzuweisen: wenn 2 ccm. Zuckerlösung angewendet wurden, noch bei $^1/_{64}$ %[1]) und wenn 3 ccm. Zuckerlösung angewendet wurden, noch bei $^1/_{128}$ %[2]) (vorausgesetzt, dass eine passende Menge essigs. Kupferoxydlösung gewählt wurde; das beste Verhältniss scheint 3 ccm. Zuckerlösung auf $^1/_2$ ccm. der Lösung von essigs. Kupferoxyd (4 %). Aber das Reagenz wirkt nicht prompt; soll die Reaction mit Bestimmtheit auftreten, so erfordert sie bei den sehr verdünnten Auflösungen wahrscheinlich einen Zeitraum von ungefähr 12 Stunden. Ist dagegen einmal Reduction eingetreten, so scheint dieselbe stabil zu sein; denn das ausgeschiedene Kupferoxydul war bei allen Proben in den ersten 24 Stunden nach Eintritt der Reduction noch vorhanden. Bei Temperaturen von 35 — 45° C. würde darum diese Lösung dazu dienen können, auch im Harn Zuckerquantitäten nachzuweisen, welche zwischen $^1/_{10}$ % und $^1/_{100}$ % liegen, wenn nicht der normale Harn häufig Substanzen enthielte, die, wie es scheint, eine wässrige Lösung von essigs. Kupferoxyd noch leichter reduciren als schwache Zuckerlösungen dies thun. In wie fern das Reagenz bei solchen höheren Temperaturen eine ausgedehntere Anwendung finden könnte, wenn es sich um kleine Quantitäten Traubenzucker, die neben Dextrin, Milchzucker (und Rohrzucker) vorkommen, darüber liegen zur Zeit noch keine bestimmte Erfahrungen vor.

1) 0.0003125 gr. Zucker auf 2 ccm.

2) 0.000234 gr. Zucker auf 3 ccm.

Digitized by Google

II. Versuche mit ameisensaurem Kupferoxyd, $Cu(CHO_2)_2+4H_2O$.

Von diesem Salze enthielt die Lösung 6 %. Sie erwies sich aber unwirksam, denn selbst bei 6 — 7stündiger, bis auf 50° C. gesteigerter Erwärmung von 1 ccm. Traubenzuckerlösung (von 2 % — $^1/_{64}$ %) und $^1/_2$ ccm. der Lösung von ameisensaurem Kupferoxyd wurde in keiner der Proben irgend welche Reduction erzielt, während sämmtliche Controlversnche mit 1 ccm. Zuckerlösung und $^1/_2$ ccm. der Lösung von essigsaurem Kupferoxyd im gleichen Zeitraum Reduction bis zu $^1/_8$ % ergaben. Es scheint bemerkenswerth, dass die Verbindung des Kupfers mit der Ameisensäure (H.COOH), die sich nur dadurch von der Essigsäure (CH_3.COOH) unterscheidet, dass H statt CH_3 mit COOH verbunden ist, eine so bedeutende Resistenz besitzt. Diese Verbindung ist somit unbrauchbar als Reagenz auf Zucker.

III. Versuche mit wässriger Lösung von essigsaurem Kupferoxyd, dem ein wenig freie Essigsäure zugesetzt. (Barfoed's Reagenz.)

Ueber die Lösung, welche bei dieser Probe in Anwendung kommen soll, bemerkt Barfoed, dass sie nicht zu viel freie Essigsäure enthalten darf, weil sie in solchem Falle nicht vom Traubenzucker reducirt wird. Dieselbe wird daher am Besten im Voraus nach folgender Vorschrift dargestellt: „1 Theil krystallisirtes essigsaures Kupferoxyd wird in 15 Theilen Wasser gelöst, und zu 200 ccm. dieser Lösung werden 5 ccm. Essigsäure (die 38 % der wasserfreien Säure enthält) gesetzt, oder bei einer anderen Concentration eine entsprechende Menge. Die Lösung wird auf diese Weise ungefähr 1 % wasserfreier Säure enthalten."

Die von mir angewendete Kupferlösung enthielt blos 4 % essigsauren Kupferoxyds; 12 gr. essigs. Kupferoxyd wurden in 300 ccm. Wasser gelöst; dazu wurden $7^1/_2$ ccm. 38 %iger Essigsäure gesetzt, so dass die Lösung ungefähr 1 % freier Säure enthielt. — Auch aus dieser Flüssigkeit schied sich nach einigen Monaten eine merkbare Menge essigsauren Kupferoxyds aus.

Diese Flüssigkeit wird erst beim Kochen in grösserer Menge von Traubenzucker reducirt. Barfoed bemerkt darüber: „Mit einer Lösung von essigsaurem Kupferoxyd, der ein wenig freie Essigsäure zugesetzt ist, giebt eine Lösung von Traubenzucker bei kurzdauerndem Kochen und darauf folgendem Stehen

Digitized by Google

einen rothen Niederschlag, wogegen Dextrin keine Reduction erzeugt[1])". Die Weise, in welcher der Nachweis vorzunehmen ist, beschreibt C. Barfoed[2]) in einer anderen Abhandlung folgendermassen: „In Bezug auf die Ausführung der Versuche habe ich nur hinzuzufügen, dass man nur wenige Tropfen Kupferlösung zusetzen, nur einen Augenblick aufkochen, (damit die freie Säure nicht verdampfe) und, wenn die Reaction nicht gleich eintritt, nicht mehr als ein paar Stunden abwarten soll, ohne nachzusehen, ob die Mischung einen Niederschlag abgesetzt habe, was man am besten bemerkt, wenn man die Flüssigkeit vorsichtig abgiesst, denn durch längeres Stehen unter Zutritt der Luft kann ein schwacher Niederschlag sich wieder oxydiren und in der freien Säure lösen."

Mittelst dieser Methode gelang es Barfoed noch $^1/_{10}$ Milligr. Traubenzucker neben Dextrin (in $^1/_2$ ccm. Wasser gelöst, also eine $^1/_{50}$ %ige Lösung) nachzuweisen, doch war die Reduction schwach und trat erst eine Stunde nach dem Erhitzen ein. Barfoed giebt kein bestimmtes Zeitmass für das Kochen der Flüssigkeitsmischung an, so dass ich nach eigener Willkühr eine Zeit habe wählen müssen. Es genügt nicht, nur ein paar Secunden zu kochen, da die Reaction dann verhältnissmässig schwächer wird. Auf der anderen Seite darf man aber auch nicht zu lange kochen, weil in solchem Falle die Essigsäure in grösserer Menge entweicht und in Folge dessen die essigsaure Kupferoxydlösung unter dem andauernden Sieden zersetzt wird[3]). Die Dauer des Kochens muss sich wesentlich nach der angewendeten Menge der Kupferlösung richten. Wird 1 ccm. der Flüssigkeit Barfoed's angewendet, so kann man in der Regel $1^1/_2$, höchstens 2 Minuten kochen; wird $^1/_2$ ccm. angewendet, kann man in der Regel $1 - 1^1/_2$ Minuten kochen, wenn die Menge der zugesetzten Zuckerlösung nicht allzu gross ist, denn in solchem Falle wird die Mischung ja bereits von Anfang an sehr wenig sauer sein, wesshalb ein längeres, eine Minute überschreitendes Erhitzen zum Kochen bereits eine Zersetzung des essigsauren Kupferoxyds[4]) würde hervorrufen können,

1) C. Barfoed, „Om Dextrin", Abdruck etc. S. 4.

2) C. Barfoed, Zeitschr. f. anal. Chem. Bd. 12. 1873. S. 28.

3) Am Boden des Gefässes oder in seiner Nähe setzen sich in solchem Falle schmutzige Flocken ab, gewöhnlich von dunkler, bisweilen aber auch von heller Farbe.

4) Eine wässrige Lösung von essigsaurem Kupferoxyd wird beim Kochen in wenigen Secunden zersetzt.

Digitized by Google

unabhängig von der reducirenden Wirkung der Zuckerlösung[1]). Aus diesem Grunde darf man, wenn man blos 5 — 6 Tropfen des Barfoed'schen Reagenzes benutzt, und die Menge der Zuckerlösung 2 ccm. oder mehr beträgt, dieselbe nicht länger als $^3/_4$ Minute kochen lassen, und bei geringerer Menge der Zuckerlösung höchstens eine Minute.

Die ersten Versuche wurden mit 2 ccm. Zuckerlösung ($^1/_4$ %, $^1/_8$ %, $^1/_{16}$ %, $^1/_{32}$ %, $^1/_{64}$ %) mit Zusatz von $^1/_2$ oder 1 ccm. des Barfoed'schen Reagenzes ausgeführt, welches letzteres wie oben mitgetheilt bereitet war. Nach $1^1/_2$ bis 2 Minuten dauerndem Kochen war deutliche Reaction eingetreten bis $^1/_{16}$ % (0.00125 Gr. Zucker). Darauf wurden die Reagenzgläser, die bei diesen Versuchen am besten etwas hoch gewählt werden, in ein Luftbad von 40° C. eingesetzt. 13 Stunden nach dem Kochen konnte die Reduction noch bei $^1/_{32}$ % (0.000625 Gr. Zucker) nachgewiesen werden; bei $^1/_{64}$ % war die Flüssigkeit vielleicht ein wenig entfärbt, aber keine irgend wie deutliche Reduction zu bemerken. Die Reduction war von gleicher Stärke, ob 1 oder $^1/_2$ ccm. des Barfoed'schen Reagenzes angewendet wurden. Um nun den Einfluss der zugesetzten Menge von Kupferlösung zu controliren, wurden in einigen weiteren Versuchen derselben Menge (2 ccm.) Traubenzuckerlösung nur 5 — 6 Tropfen des Barfoed'schen Reagenzes zugesetzt. Innerhalb $^1/_2$ Stunde nach dem Kochen war die Reduction deutlich in den Proben bei $^1/_{16}$ %, dagegen war dieselbe bei $^1/_{32}$ % undeutlich. Die Proben zeigten am folgenden Tage keine Veränderung.

Dieselben Versuche wurden darauf mit 4 ccm. Zuckerlösung, 1 oder $^1/_2$ ccm. Kupferlösung zugesetzt, ausgeführt. Unmittelbar nach dem Kochen konnte eine Reduction bis $^1/_{32}$ % nachgewiesen werden, worauf die Gläser in ein Luftbad von 40° C. gestellt wurden. Nach Verlauf einiger Stunden war die Flüssigkeit sowohl in $^1/_{64}$ % als in $^1/_{128}$ % ein wenig entfärbt, aber eigentliche Reduction war bei $^1/_{128}$ % weder dann noch später zu bemerken, und blieb bei $^1/_{64}$ % immerhin zweifelhaft. Benutzte man dagegen nur 6 Tropfen der Barfoed'schen Flüssigkeit auf 4 ccm. Zuckerlösung,

1) Eine solche Decomposition fand indessen nicht bei meinen hier beschriebenen Versuchen statt; bei diesen betrug die Menge der zugesetzten Zuckerlösung höchstens 4 ccm.

Digitized by Google

so war die Reduction weit weniger empfindlich. Bei einer so geringen Menge des Barfoed'schen Reagenzes lieferte 1 ccm. Zuckerlösung beziehungsweise das beste Resultat, und konnte hier auch die Reduction bis $^1/_{32}$ % (0.000625 gr. Zucker) innerhalb der ersten halben Stunde nach dem Kochen nachgewiesen werden. Dagegen war in diesem Falle die Reduction bei der Anwendung der $^1/_{64}$ %igen Zuckerlösung so schwach, dass sie unter allen Umständen als äusserst zweifelhaft anzusehen war, um so mehr, als diese schwache Andeutung bei den verschiedenen Versuchen sich inconstant zeigte.

Anm. Um zu untersuchen, in wie weit ein längeres Verweilen im Luftbade von höherer Temperatur wirklich einen günstigen Einfluss auf die Reaction haben könnte, wurden 2 ccm. Traubenzuckerlösung (1.8%, 1%, $^1/_2$%, $^1/_4$%) mit 1 ccm. des Barfoed'schen Reagenzes in einem Wasserbade von 5 bis auf 90° erwärmt. Während der Erhitzung von 5 bis 56°, welche eine Zeit von 40 Minuten in Anspruch nahm, zeigte keine der Lösungen eine Spur von Reduction. Schwache Anzeigen einer solchen traten in der 1.8%igen bei 58° auf; doch wurde die Reduction erst bei 68° distinct. In der 1%igen zeigte sich merkbare Reduction bei 82°, in der $^1/_2$%igen bei 87° und in der $^1/_4$%igen bei 90°. Weiter wurden 3 Traubenzuckerlösungen von 1%, $^1/_2$% und $^1/_4$% mit dem gleichen Volumen Barfoed'scher Flüssigkeit gemischt und in Luftbad von 50° eingesetzt, in welchem sie mehrere Tage verblieben, ohne dass Reduction eintrat. Es würde daher zweckentsprechender sein, die Temperatur des Luftbades, in welchem man die Proben nach dem Kochen stehen lässt, auf 60° als auf 40° zu reguliren, da letzterer Wärmegrad die Reduction kaum begünstigen kann. Bei 60° C. kann man ausserdem noch ziemlich gewiss sich darauf verlassen, dass die Oxydation (des entstandenen Niederschlages) die an und für sich in der sauren Flüssigkeit leichter eintritt, in den ersten Stunden kaum in merklichem Grade statt haben wird.

Schluss und Resumé. Aus diesen Versuchen ergiebt sich, dass man mit Hülfe der Barfoed'schen Flüssigkeit, wenn dieselbe in passendem Verhältniss angewendet wird, den Traubenzucker nach $^3/_4$—2 Minuten langem Kochen mit Sicherheit in einer $^1/_{16}$ %igen und gewöhnlich auch in einer $^1/_{32}$ %igen Lösung wird nachweisen können, sowie dass die Reduction in letzterer Lösung constanter wird nach mehrstündigem Stehen an einem einigermassen warmen Orte, unter solchen Umständen kann die Reduction auch bisweilen in der $^1/_{64}$ %igen Lösung eintreten. Das passendste Verhältniss zwischen der Menge der Traubenzuckerlösung und des Reagenzes kann ich nicht bestimmt angeben; ich möchte glauben, dass $^1/_2$—1 ccm. der von mir in Anwendung

Digitized by Google

gebrachten Barfoed'schen Flüssigkeit für 2 — 4 ccm. Zuckerlösung ausreichen dürfte, 5 — 6 Tropfen der ersteren für 1 ccm. der letzteren. Barfoed, der immer nur einige Tropfen des Reagenzes anwandte, hat in den von ihm besprochenen Versuchen mit Flüssigkeitsquanten gearbeitet, die 1 ccm. nicht erreichten. Wird dies in Betracht gezogen, so erhellt von selbst, dass der Unterschied in unseren Resultaten nicht gerade gross ist. Mir gelang es, Reduction in einer $^1/_{32}$ %igen, und einmal sogar in einer $^1/_{64}$ %igen Lösung zu beobachten, Barfoed hat dieselbe einmal bei $^1/_{50}$ % nachgewiesen; da aber Barfoed in diesem Falle nur $^1/_2$ ccm. Zuckerlösung anwendete, wird die absolute von ihm nachgewiesene Zuckermenge etwas kleiner; das kleinste Quantum Zuckerlösung war nämlich bei meinen Versuchen, wie bemerkt, 1 ccm.

Nach dem Gesagten muss man dem Barfoed'schen Reagenz die Eigenschaften eines empfindlichen und prompten zuerkennen, und da dasselbe ausserdem noch (nach Barfoed) nur den Traubenzucker nachweist, unangesehen ob auch Dextrin, Rohrzucker oder kleinere Mengen Milchzucker in derselben Flüssigkeit zugegen sind, so darf man dieses Reagenz auch in mehreren Beziehungen für sicherer halten, als das Trommer'sche.

Für meinen Zweck, d. h. zum Nachweis minimaler ($^1/_{20}$ % nicht überschreitender) Zuckermengen im Harne war dieses Reagenz dagegen wenig empfindlich. Ich war indessen vorläufig zu der Annahme geneigt, dass diese Flüssigkeit vielleicht dazu dienen könnte, einen Zuckergehalt des Harns zwischen den Grenzen von $^1/_{10}$ % und $^1/_{40}$ % nachzuweisen. In den darüber angestellten Versuchen zeigte es sich indessen, dass der normale Harn Stoffe enthalten kann, welche, wie es scheint, noch leichter als schwächere Zuckerlösungen das Barfoed'sche Reagenz reduciren. Hierüber näheres in der folgenden Abhandlung.

Digitized by Google

(Aus dem physiologischen Institute zu Christiania in Norwegen.)

Ueber das Verhalten des normalen Harns zu essigsaurem und schwefelsaurem Kupferoxyd und zum Barfoed'schen Reagenz.

Von

Prof. Worm Müller.

Wir haben in der vorhergehenden Abhandlung gesehen, dass man mittelst des essigsauren Kupferoxyds in wässriger oder essigsaurer Lösung geringe Zuckermengen nachweisen kann. Diese Methode, deren Einführung wir C. Barfoed verdanken, kann indessen bei der Harnanalyse nicht angewendet werden, da wie schon in jener Abhandlung angedeutet, der normale Harn Stoffe zu enthalten scheint, welche essigsaures (und schwefelsaures) Kupferoxyd bei gewöhnlicher Temperatur und eine essigsaure Lösung des essigsauren Kupferoxyds bei höherer Temperatur reduciren.

Wir wollen ohne weitere Vorbemerkung die Versuche beschreiben, welche dieses zeigen, und wollen dieselben in zwei Gruppen theilen: I. a) Versuche mit wässriger Lösung von essigsaurem Kupferoxyd, b) Versuche mit wässriger Lösung von schwefelsaurem Kupferoxyd. II. Versuche mit Barfoed's Reagenz.

I. a) Versuche mit wässriger Lösung von essigsaurem Kupferoxyd. (Gewöhnliche Temperatur, Maximum 16° C.)

Normalem Harne, der von zwei verschiedenen Personen stammte, wurden je 3 Proben, eine jede von 5 ccm. entnommen, und ausserdem zur Controle noch Zuckerlösungen von $^1/_4$% resp. $^1/_8$%, $^1/_{16}$%, $^1/_{32}$% und $^1/_{64}$% angewendet. Von jeder Zuckerlösung wurden drei Proben, eine jede gleichfalls von 5 ccm., abgemessen. Jeder dieser 21 Proben wurde 1 ccm. einer 6.7% Lösung von essigsaurem Kupferoxyd zugesetzt, welches in den Harnproben einen hellgrünen Niederschlag erzeugte. Die Reagenzgläschen wurden verkorkt und die Nacht über unter gewöhnlicher Temperatur stehen gelassen.

Digitized by Google

Beim Nachsehen am folgenden Morgen (nach 16 Stunden) zeigte es sich, dass der in den Harnproben entstandene Niederschlag in seinem oberen Theile einen mehr oder weniger ausgeprägten rothen bis rothbraunen Rand bekommen hatte; die Zuckerproben dagegen waren unverändert.

Dieser braunrothe Rand kann nicht von ausgefälltem Farbstoff des Harns herrühren. Wie bekannt erhält man oft nach Zusatz verschiedener Metallsalze, z. B. $Pb\overline{A}_2$ im Harne einen Niederschlag, der nach oben hin mit einem röthlichen Rande umgeben ist; diese Farbe aber ist deutlich rosa und durchaus nicht mit jenem Braunroth zu verwechseln. Ob diese braunrothe Farbe dagegen von freiem Kupferoxydul oder von einer Kupferoxydulverbindung herrührt, muss ich dahinstehen lassen; aber die Reduktion war unverkennbar und wurde bei mehreren dieser und der folgenden Proben dadurch noch handgreiflicher, dass sich hie und da im Bodensatz gelbe Partikeln ausgeschieden hatten, die kaum etwas anders sein konnten als Kupferoxydulhydrat.

Da die Reduction an der Peripherie des grünlichen Niederschlages (welcher aller Wahrscheinlichkeit nach wesentlich aus phosphorsaurem Kupferoxyd besteht), auftrat und an diesen Niederschlag gebunden zu sein schien, lag die Vermuthung nahe, dass auch beim Zusatz wässriger Lösungen von anderen Kupfersalzen eine ähnliche Reduction eintreten werde.

Aus diesem Grunde, und weil Kupfervitriol in alkalischer Lösung bei Untersuchungen auf Zucker im Harne angewendet wird, fühlte ich mich veranlasst, ähnliche Versuche mit einer wässrigen Lösung von schwefelsaurem Kupferoxyd anzustellen.

I. b) Versuche mit wässriger Lösung (2.6%ig) von schwefelsaurem Kupferoxyd, $CuSO_4+5H_2O$. (Gewöhnliche Temperatur, Maximum 16.5° C.)

Vom normalen Harne dreier verschiedener Personen wurden je 2 Proben von 5 ccm. genommen und mit 1 ccm. resp. $^1/_2$ ccm. einer 2.5%igen Lösung von Kupfervitriol gemischt. Die Reagenzgläser blieben ca. 36 Stunden bei einer Temperatur stehen, die gewöhnlich 14—16° C. betrug und deren Maximum jedenfalls nicht 16.5° C. überstieg. Bereits nach Verlauf von 13 Stunden war Reduction in dem einen Harne sichtbar, indem der bläulich grüne Niederschlag sowohl auf der Unterseite als längs der Peripherie eine braunröthliche Färbung angenommen hatte. Auch der andere Harn zeigte eine ähnliche Reduction, doch war die Farbe hier

Digitized by Google

mehr gelblich, aber nach 36 Stunden erschien die Reaction in beiden Proben deutlich. Der dritte Harn dagegen, der sehr hell war, zeigte selbst nach 3 Tagen keine derartige Veränderung.

In Zuckerlösungen zeigen Kupfervitriolauflösungen keine ähnliche Reduction. Um mich zum Ueberfluss davon zu überzeugen, wurden folgende Versuche angestellt. 4 Proben Traubenzuckerlösungen (1%, ½%, ¼%, ⅛%) — jede zu 5 ccm. — wurden mit 1 ccm. Kupfervitriollösung (2.5%) gemischt. Die Reagenzgläser blieben eine Woche lang bei gewöhnlicher Temperatur (14—17° C.) stehen, ohne dass sich in dieser ganzen Zeit je Reduction in den Proben hätte nachweisen lassen. — Diese Controlversuche konnten jedoch nicht als denen ganz adäquat gelten, welche mit dem Harne angestellt wurden, insofern sich in der Zuckerlösung nach Zusatz der Kupferlösung kein Niederschlag gebildet hatte. Um nähere Uebereinstimmung zu erlangen, wurden nun die letzt beschriebenen Versuche in der Modification wiederholt, dass den Zuckerlösungen ausser 1 ccm. $CuSO_4$ noch ½ ccm. einer 10%igen Lösung von phosphorsaurem Natron ($HNa_2PO_4+12H_2O$) zugesetzt wurde. Hierdurch entstand ein himmelblauer (nicht, wie beim Harne, grünlicher) Niederschlag, der sich sogar über eine Woche hinaus unverändert hielt.

Nach dem Erwähnten schien es einleuchtend, dass der normale Harn eine oder mehrere Substanzen enthalten muss, welche die Lösungen der Kupfersalze leichter reduciren, als dies der Zucker vermag. Schon a priori war es unwahrscheinlich, dass die Harnsäure einigen Antheil an dieser Reduction haben sollte, da dieselbe $CuSO_4$ in alkalischer Lösung erst beim Kochen reducirt. Es könnte desshalb vielleicht für überflüssig angesehen werden, die Reaction noch mit solchem Harne zu versuchen, aus dem die Harnsäure ausgeschieden war. Niehts desto weniger geschah auch dies der Controle wegen mit Harn von 4 verschiedenen Personen, A, B, C und D. Aus den Harnen A, B und C wurde die Harnsäure vermittelst ClH[1]) ausgeschieden, und dem Filtrat KOH, theils in fester Form, theils als Lösung zugesetzt, bis die Reaction der des

---

1) Cfr. Hoppe-Seyler, Handbuch d. physiol. und pathol. chem. Analyse. 4. Aufl. Berlin 1875. S. 325. — Nach Zusatz von HCl standen die Harne 24—36 Stunden in einem kalten Keller.

Digitized by Google

normalen Harns gleich war. Aus dem Harne D war ein grosser Theil der Harnsäure nach mehrtägigem Stehen (ohne Zusatz von Salzsäure) ausgefällt. Mit diesen Harnen wurden nun die Versuche ausgeführt, wobei sowohl essigsaures als schwefelsaures Kupferoxyd in wässrigen Lösungen von den oben angegebenen Concentrationen (6.7% resp. 2.5%) verwendet wurden. Jedem der drei ersten Harne wurden zwei Proben von 6 ccm., und dem vierten zwei von 5 ccm. entnommen und mit 1 ccm. $Cu\bar{A}_2$, resp. 1.5 ccm. $CuSO_4$ versetzt. Nach 13—14stündigem Stehen bei gewöhnlicher Temperatur zeigten die mit $Cu\bar{A}_2$ behandelten Harne Reduction in Gestalt eines begränzten röthlichen Streifens in der oberen Peripherie des sonst grünlichen Niederschlages (am deutlichsten bei D); die mit $CuSO_4$ behandelten zeigten auch eine ähnliche Veränderung; doch war diese bei den Versuchen nicht so markirt und schien sich gleichmässiger über die ganze Unterfläche des Niederschlages auszubreiten (am undeutlichsten in B, am deutlichsten in D).

Schluss und Resumé. Der normale Harn kann (eine oder mehrere) Substanzen enthalten, welche bei gewöhnlicher Temperatur bei ca. 12stündigem Stehen wässrige Auflösungen von essigsaurem (und aller Wahrscheinlichkeit nach auch von schwefelsaurem) Kupferoxyd reduciren. Zucker ist nicht die fragliche Substanz oder eine derselben; denn essigsaures Kupferoxyd in wässriger Lösung wird bei einer Temperatur von 16° C. und darunter gewöhnlich nicht von schwächeren Zuckerlösungen unter $^1/_4$% reducirt, und selbst 1%ige Zuckerlösungen reduciren $CuSO_4$ nicht bei gewöhnlicher Temperatur. Von vornherein musste man auch annehmen, dass die Harnsäure nicht diese reducirende Substanz, oder falls mehrere sein sollten, eine derselben, da Harn, der durch HCl bei niederer Temperatur von der Harnsäure befreit war, mit $Cu\bar{A}_2$ und $CuSO_4$ eben dieselbe Reduction ergab.

II. Versuche mit dem Barfoed'schen Reagenz; (2 Minuten Kochen und Stehen.)

Hierzu wurden 2 normale Harne verwendet, von deren jedem 2 ccm. mit 1 ccm. Barfoed'scher Flüssigkeit[1]) vermischt und damit 2 Minuten[2]) gekocht wurden.

1) 4%ig.

2) Man kann Harn immerhin länger als 2 Minuten mit diesem Reagenz kochen, ohne dass an sich Zersetzung von $Cu\bar{A}_2$ einträte.

Digitized by Google

Die Reagenzgläser wurden unmittelbar nach dem Kochen in ein Luftbad von 40° C. gebracht. Nach 13stündigem Stehen hatte sich ein schöner, beinahe eine Linie breiter, braunrother Ring in der Peripherie des grünen Niederschlages gebildet. Die Reaction war also deutlich.

Um auch diesem Reagenz gegenüber den Einfluss der Harnsäure zu eliminiren, wurden ähnliche Versuche mit den obenerwähnten, von Harnsäure befreiten Harnen A, B, C (und D) ausgeführt. Auch diese zeigten nach 2 Minuten langem Kochen und 13—14stündigem Stehen bei gewöhnlicher Temperatur Reduction an der oberen Kante des Niederschlags. Am wenigsten deutlich war dieselbe bei A.

Schluss und Resumé. Der normale Harn kann (eine oder mehrere) Substanzen enthalten, welche in essigsaurer Kupferacetatlösung nach 2 Minuten langem Kochen deutliche Reaction hervorbringen. Da diese prägnanter ist als die, welche durch sehr schwache Zuckerauflösungen bewirkt wird, kann dieselbe nicht von den minimalen Zuckerspuren herrühren, welche Einige im normalen Harne glauben nachweisen zu können. Auch die Harnsäure scheint nicht in Betracht kommen zu können, da die Färbung auch in solchem Harne auftrat, aus welchem die Harnsäure nach gewöhnlicher Methode ausgeschieden war.

Ehe ich auf die Untersuchung des Verhaltens anderer Harnbestandtheile zu Kupfersalzen einging, hielt ich es hier für das angemessenste, erst directe Versuche über das Verhalten der Harnsäure und harnsaurer Alkalien zu wässrigen Auflösungen von $CuSO_4$ und $Cu\overline{A}_2$ und zum Barfoed'schen Reagenz anzustellen, um volle Gewissheit über das Verhalten der Harnsäure im Harne in dieser Beziehung zu erlangen. Diese Versuche ergaben gleich anfangs etwas zweideutige Resultate, so dass ein genaueres Studium dieses Verhältnisses nöthig wurde.

Digitized by Google

(Aus dem physiologischen Institute zu Christiania in Norwegen.)

Die Titrirung des Traubenzuckers im menschlichen Harne und in thierischen Flüssigkeiten überhaupt.

Von

Prof. Worm Müller und **Assistent J. Hagen.**

§ 1. Die Titrirung des Zuckers im menschlichen Harne.

Die quantitative chemische Bestimmung des Traubenzuckers geschieht gewöhnlich nach der Fehling'schen Titrirmethode, welche sich bekanntlich darauf gründet, dass eine bestimmte Menge Kupferoxyd in alkalischer mit weinsaurem Kali-Natron versetzter Lösung durch eine bestimmte Menge Traubenzucker (5 Mol. Kupferoxyd auf 1 Mol. Zucker) beim Erhitzen zu Kupferoxydul reducirt wird. Wenn man die nach dieser Methode gefundenen Werthe mit den mittelst des Circumpolarisationsapparates erhaltenen vergleicht, sind die Differenzen bei wässrigen Traubenzuckerlösungen sehr geringfügig. So hat Pillitz[1]) in einer wässrigen Lösung von reinem Traubenzucker nach der Fehling'schen Methode 5.37% und durch Polarisation 5.2% gefunden. Oft aber stimmen die Ergebnisse noch besser.

Beim Harne zeigt sich jedoch nach vielfältigen Erfahrungen ein nicht geringer Mangel an Uebereinstimmung, die durchschnittlich 0.3—0.4% betragen dürfte; die Fehling'sche Methode giebt den grösseren, die Circumpolarisation den kleineren Zuckergehalt.

Schon dieser Differenzen wegen war es von nicht unwesentlicher Bedeutung, durch eine andere chemische Bestimmungsmethode die beim Harne gefundenen Resultate controliren zu können. Eine solche ist aber auch aus anderen Gründen wünschenswerth.

Man hat der Fehling'schen Lösung den Vorwurf gemacht, dass dieselbe zu wenig haltbar sei. Dieser Vorwurf ist nicht unbegründet, aber doch von keiner Bedeutung, wenn man nach

1) Zeitschr. f. anal. Chem. Bd. 10. 1871. S. 462.

Digitized by Google

Schneider die Kupfervitriollösung und die mit Natronlauge versetzte Seignettesalzlösung gesondert aufbewahrt, und dieselben erst unmittelbar vor der Analyse mit einander mischt. Die Kupfervitriollösung verändert sich nicht, und die alkalische Seignettesalzlösung ist viel haltbarer als die Fehling'sche Flüssigkeit.

Der grösste Uebelstand aber liegt darin, dass die Fehling'sche Lösung gewöhnlich nicht zur Titrirung kleinerer Zuckermengen im Harn (unter 0.5%) gebraucht werden kann, da man wegen der im Harne obwaltenden eigenthümlichen Verhältnisse nicht ermitteln kann, wann alles Kupferoxyd reducirt ist. Gewöhnlich wird die Endreaction derart ausgeführt, dass man, wenn die Reduction der abgemessenen Fehling'schen Flüssigkeit vollständig zu sein scheint, filtrirt und das Filtrat auf Spuren von Kupfer mittelst Ferrocyankaliumlösung und Essigsäure (oder verdünnter Salzsäure) prüft. Diese Reaction ist in der Regel zutreffend, wenn der unverdünnte Harn 1% oder mehr Zucker enthält; bei einem Gehalt zwischen 1 und 0·5% gelingt die Reaction zwar gewöhnlich, aber nicht immer, und unter 0.5% nur äusserst selten. Bei diesen geringen Zuckergehalten wird nämlich das Kupferoxydul theils in Lösung gehalten, theils so fein in der Füssigkeit suspendirt, dass es mit durch das Filter geht; das Filtrat enthält folglich Kupferoxydul, und da man keinen Indicator hat, um mit voller Gewissheit darüber zu entscheiden, ob im Filtrate neben Kupferoxydul auch eine Spur von Kupferoxyd enthalten ist, wird es gewöhnlich zur Unmöglichkeit, nach der Fehling'schen Methode geringe Quantitäten Zucker im Harne scharf zu bestimmen.

Da es nun aber in vielen Fällen eben von Wichtigkeit ist, mit Genauigkeit kleine Zuckermengen im Harne angeben zu können, und sich diese hier auch nicht durch Polarisation bestimmen lassen, wäre es von nicht geringem Belang, die oben genannten Uebelstände zu beseitigen. In dieser Absicht variirten wir zuerst die Endreaction mit der Fehling'schen Flüssigkeit in verschiedenster Weise, aber ohne Nutzen. Wir sahen uns dann nach anderen Probeflüssigkeiten um und blieben schliesslich bei der von Karl Knapp[1]) auf Veranlassung Liebig's angegebenen Methode stehen; diese gab befriedigende Resultate und verdiente desshalb eine genauere Beschreibung als die, welche ihr gewöhnlich zu Theil wird.

1) Ann. Chem. Pharm. 1870. Bd. 154. S. 252.

Digitized by Google

Die Bestimmungsmethode Knapp's gründet sich darauf, dass eine alkalische Lösung von (4 Theilen) Cyanquecksilber bei stärkerem Erhitzen mit (1 Theil wasserfreien) Traubenzucker unter Ausscheidung von metallischem Quecksilber zersetzt wird. Die Bereitung der Probeflüssigkeit ist sehr einfach; man löst 10 gr. reines[1]), trockenes Cyanquecksilber in Wasser, versetzt die Lösung mit 100 ccm. Natronlauge von sp. G. 1.145 und verdünnt zum Liter.

Bei der Titrirung, die wir im Wesentlichen nach Knapp's Vorschrift ausgeführt haben, verfahren wir auf folgende Weise: 10 oder 20 ccm. der Titrirflüssigkeit wird mit 20—30 ccm. Wasser in einer Erlenmeyer'schen Kochflache bis zum anfangenden Kochen erhitzt. Dann lässt man aus einer Bürette den verdünnten Harn[2]) zufliessen, bis alles Quecksilber ausgefällt ist. Im Anfang wird die Flüssigkeit graulich trübe, dieselbe klärt sich aber um so mehr, je mehr ihr die nöthige Menge Zuckerlösung zugesetzt wird und nimmt nun einen gelblichen Farbenton an, während das Quecksilber nebst Flocken von gefällten Phosphaten sich absetzt.

Jetzt gilt es nachzuweisen, ob die Flüssigkeit noch Quecksilber gelöst enthält. Da das metallische Quecksilber vollständig zu Boden sinkt, braucht man, um die Endreaction auszuführen, nicht erst zu filtriren, sondern kann ganz einfach einen Tropfen der Flüssigkeit in ein Haarröhrchen aufsteigen lassen und dann denselben auf einen Streifen feinen schwedischen Filtrirpapiers ausblasen. In Bezug auf die eigentliche Endreaction haben wir mit Pillitz[3]) gefunden, dass Schwefelwasserstoff, besonders bei Gegenwart von Salzsäure, Spuren von gelösten Quecksilberverbindungen besser und schneller anzeigt als Schwefelammonium. Wir setzen daher nach dem Vorgang von Pillitz den feuchten Fleck des Papiers erst den Dämpfen der rauchenden Salzsäure nnd dann dem Schwefelwasserstoff aus, indem wir denselben einfach über die Oeffnungen der resp. Flaschen halten. Wenn die angewandten Reagentien genügend stark sind, wird der Flecken sofort, beinahe

---

1) Das Cyanquecksilber ist in der Regel käuflich rein zu erhalten; wir prüften es immer voraus auf seine Reinheit.

2) Der Harn wird bei der Bestimmung nach Fehling mit Wasser auf das Zehnfache oder, wenn man vermuthet, dass der Zuckergehalt sehr gering (unter 0.5 %) ist, auf das Fünffache verdünnt.

3) l. c. S. 459.

Digitized by Google

augenblicklich, schwach braun oder gelb gefärbt, selbst wenn nur minimale Spuren von Quecksilber vorhanden sind. — Die Reaction ist 1. sicher und 2. empfindlich.

ad 1. Es kann freilich, wenn die Flüssigkeit sich in starkem Kochen befindet, oder wenn das Haarröhrchen dem Boden des Gefässes zu nahe gebracht wird, geschehen, dass suspendirte Quecksilberpartikeln in das Haarröhrchen mit aufgesogen werden; in diesen Fällen wird der auf das Papier ausgeblasene Tropfen mit Salzsäure und Schwefelwasserstoff Quecksilberreaction geben können, ohne dass die Flüssigkeit gelöstes Quecksilber enthält. Es ist desshalb geboten, vor dem Herausnehmen der Probe die Flamme zu mässigen oder zu entfernen, damit die Flüssigkeit in Ruhe komme, und das Haarröhrchen nur gerade in die Flüssigkeit einzutauchen.

ad 2. Auch die Schärfe der Reaction könnte angefochten werden. Der feuchte Flecken kann nämlich schon vor der Behandlung gelb erscheinen, besonders wenn der Harn sehr viel Farbstoff enthält, und Spuren von aufgelöstem Quecksilber verrathen sich nach der Einwirkung der Salzsäure und des Schwefelwasserstoffs, nur durch eine sehr schwache Veränderung des Farbentons. Aber dennoch ist die Reaction sehr empfindlich, wenn man nur folgende Vorsichtsmassregeln streng inne hält: a) Die angewandte Harnmischung darf, wie oben gesagt, gewöhnlich nicht stärker als 10%ig sein, (1 Theil Harn auf 9 Theile Wasser;) eine concentrirtere Mischung färbt oft das Papier so, dass die Reactiou abgeschwächt wird [1]). b) Die Farbe des feuchten Fleckens vor der Behandlung mit Schwefelwasserstoff und nach derselben muss verglichen werden. Man betrachtet den mit Salzsäuredampf durchzogenen Flecken aufmerksam, während er über der Schwefelwasserstofffflasche gehalten wird. Man wird dann gut beobachten können, ob der Fleck sich gelber färbt. Dieser Vergleich ist aber nicht ganz fein, da man den ursprünglichen und den veränderten Fleck nicht gleichzeitig vor Augen hat, und man darf sich daher nicht zu Ruhe geben, wenn man auf diese Weise keine Farbenveränderung mehr beobachtet. Wenn dieser Zeitpunkt erreicht ist, taucht man das Haarröhrchen nochmals in

1) Zum Theil aus demselben Grunde setzen wir anfangs der 10 resp. 20 ccm. Cyanquecksilberlösung 20—30 ccm. Wasser zu.

Digitized by Google

die Flüssigkeit, bläst den Tropfen auf das Papier neben dem mit Salzsäure und Schwefelwasserstoff behandelten Flecken aus und vergleicht, indem man den Papierstreifen zurückbiegt, damit die beiden Flecken einen weissen Hintergrund an dem umgebogenen Papier haben. Es kann nicht genug hervorgehoben werden, dass das angewendete Filtrirpapier eine rein weisse Farbe haben und so dünn sein muss, dass der feuchte Fleck beim Umbiegen des Papiers den weissen Hintergrund durchscheinen lässt. Feines schwedisches Filtrirpapier ist den deutschen Sorten, die uns zu Gebote gestanden haben, weit vorzuziehen gewesen. Die letzteren waren oft schmutziger gefärbt und nie so durchscheinend.

Wenn man diese Vorsichtsmassregeln, die nicht zu übersehen sind, genau befolgt, kann man nach einiger Uebung den Zuckergehalt in Harnen, die nicht Blutfarbstoff in beträchtlicher Menge enthalten, auch bei Abendbeleuchtung mit grosser Schärfe titriren.

Die Berechnung ist äusserst einfach; einem Liter der Titrirflüssigkeit, der 10 gr. Cyanquecksilber enthält, entsprechen 2.5 gr. wasserfreier Traubenzucker; folglich zeigen 10 ccm. 25 mgr. und 20 ccm. 50 mgr. Traubenzucker an.

Es wurde nun eine Reihe Analysen von Harnen verschiedener Wöchnerinnen und Diabetiker nach der Fehling'schen und der Knapp'schen Methode neben einander ausgeführt. Von der Knapp'schen Flüssigkeit gebrauchten wir 10 oder 20 ccm., mit 20—30 ccm. Wasser verdünnt, von der Fehling'schen 10 (oder bisweilen 5), gleichfalls mit Zusatz von 20—30 ccm. Wasser. Die Knapp'sche und die Fehling'sche Flüssigkeit wurden zuvor mittelst genau abgewogener Mengen chemisch reinen Traubenzuckers (Schmelzpunkt 146°) in Wasser gelöst, controlirt, und ausserdem wurde der Kupfergehalt der Fehling'schen Lösung nach der Rose'schen Methode bestimmt (cfr. Fresenius, Anl. zur quant. chem. Anal. 6. Auflage, 1875. Bd. 1 S. 334.)

Um eine recht genaue Vergleichung zu ermöglichen, wurde bei diesen gleichzeitigen Bestimmungen eine und dieselbe Harnmischung (1 Theil Harn auf 9 Theile Wasser) in einer und derselben Bürette angewendet.

Die Hauptfragen, die sich bei diesem Vergleich aufdrängen mussten, waren folgende: I. Sind die nach der Knapp'schen und der Fehling'schen Methode für den Zuckergehalt des Harns gefundenen Werthe übereinstimmend oder nicht?

Digitized by Google

II. Läst sich die Knapp'sche Methode auch dann noch anwenden, wenn der Zuckergehalt des Harns so klein, dass er durch die Fehling'sche Methode nicht mehr zu ermitteln ist? III. Welche dieser Methoden ist vorzuziehen?

Bei der Beantwortung vorstehender Fragen wurde nur auf albuminfreie Harne Rücksicht genommen, da nach den gewöhnlichen Angaben der Zuckergehalt in eiweisshaltigen Harnen sich nicht ohne weiteres bestimmen lässt. Wenn der Harn Eiweiss enthielt, wurde dies vor der Titrirung entfernt (durch Kochen und Zusatz einiger Tropfen verdünnter Essigsäure ausgefällt und abfiltrirt).

Für die überall angegebene Regel dass man immer vor der Bestimmung des Zuckers das Eiweiss entfernen muss, ist es uns jedoch nicht gelungen, eine zuverlässige experimentelle Grundlage zu entdecken. Wir haben vergeblich nach speciellen Daten gesucht, welche die Nothwendigkeit dieses Verfahrens beweisen sollten, so lange sich das Eiweiss in so geringer Menge (0.2—0.3% oder weniger) vorfindet, wie dies gewöhnlich der Fall ist, wenn der Harn der Diabetiker oder Wöchnerinnen Albumin enthält. Es lag daher nahe, noch folgende Frage ins Auge zu fassen: IV. Lässt sich die Zuckermenge in Harnen, die 0.2% oder weniger Eiweiss enthalten, titriren, ohne dass erst das Eiweiss entfernt ist, und lassen sich in dieser Beziehung besondere Vortheile bei der Knapp'schen oder der Fehling'schen Methode nachweisen? Welche schädliche Einflüsse übt das Eiweiss überhaupt auf die Titrirung aus?

I.

Sind die nach der Knapp'schen und der Fehling'schen Methode für den Zuckergehalt des Harns gefundenen Werthe übereinstimmend, oder nicht?

Hierher gehören nur Versuche mit Harnen von so grossem Zuckergehalt, dass keine Spur von Kupferoxydul in das Filtrat übergeht. Unsere Versuche sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

Digitized by Google

Tab. 1.

I. Diabetiker.	Zuckergehalt nach der Methode von		I. Diabetiker.	Zuckergehalt nach der Methode von		I. Diabetiker.	Zuckergehalt nach der Methode von		I. Diabetiker.	Zuckergehalt nach der Methode von	
	Fehling	Knapp		Fehling	Knapp		Fehling	Knapp		Fehling	Knapp
P. A.	0.57%	0.56%	8 E. J.	1.89%	1.89%	15 H. H.	2.38%	2.27%	22 J. E.*)	3.97%	3.70%
R. K.	0.78%	0.76%	9 M. O.	1.89%	1.92%	16 M. O.	2.56%	2.63%	23 H. H.	4.69%	4.65%
O. K.	1.11%	1.25%	10 M. O.	2.07%	2.13%	17 M. O.	3.03%	3.03%	II. Wöchnerinn.		
R. K.	1.23%	1.12%	11 S. H.*)	2.08%	2.27%	18 M. O.	3.10%	3.33%			
S. H.*)	1.54%	1.56%	12 P. A.	2.20%	2.22%	19 J. E.*)	3.12%	3.12%	24 M.A.*)	0.63%	0.68%
P. A.	1.65%	1.61%	13 J. E.*)	2.26%	2.27%	20 M. O.	3.26%	3.33%	25 M. E.	0.69%	0.73%
R. A.	1.85%	1.85%	14 J. E.*)	2.31%	2.20%	21 J. E.*)	3.90%	3.77%	26 B. A.*)	1.25%	1.14%

*) Diese Harne waren ursprünglich eiweisshaltig, das Albumin wurde aber vor der Titrirung entfernt.

Zum Vergleich führen wir auch die von Pillitz[1]) angegebenen Bestimmungen an:

	Zuckergehalt nach der Methode von	
	Fehling	Knapp
Harn Nr. 1.	3.59%	3.68%
Harn Nr. 2.	3.67%	3.47%
Harn Nr. 3.	4.16%	4.21%

Die Uebereinstimmung zwischen den gefundenen Werthen ist augenfällig. Es ist dies um so mehr hervorzuheben, als wir im Vorhergehenden alle von uns ausgeführten Versuche zusammengestellt und keinen einzigen weggelassen haben. Es kann daher nur auf einer weniger reichen Erfahrung beruhen, wenn der Verfasser des „Handbuchs der physiologisch- und pathologisch-chemischen Analyse", Herr Hoppe-Seyler, in der vierten Auflage dieses Buches S. 342 von der Knapp'schen Methode äussert: „Diese Methode lässt beim Harne bei Weitem nicht die Genauigkeit der Fehling'schen Bestimmung erreichen". Die beiden Methoden sind von gleicher Genauigkeit.

Da die Ergebnisse so übereinstimmend sind, und die geringen Differenzen regellos auftreten, lässt sich vermuthen, dass die Substanzen im Harne, welche neben dem Zucker die Fehling'sche Flüssigkeit reduciren, beim Kochen auch aus der alkalischen Cyanquecksilberlösung Ausfällung von Quecksilber bewirken. Diese Muthmassung hat in Betreff der Harnsäure durch die von

1) l. c. S. 463.

Digitized by Google

uns angestellten Versuche ihre Bestätigung gefunden, denn eben so, wie dieselbe aus einer alkalischen Kupferoxydlösung Kupferoxydul ausfällt, so scheidet sie aus der Knapp'schen Flüssigkeit Quecksilber aus.

Bevor wir zur nächsten Frage übergehen, ist es indessen vielleicht nicht ganz unnütz, nochmals hervorzuheben, dass wir den Harn nicht direkt, sondern erst nach der Verdünnung mit 9 Theilen Wasser titrirt haben. Wie sich die Resultate gestalten, wenn man den unverdünnten Harn titrirt, ist eine Frage, deren Beantwortung hier ausserhalb unserer Aufgabe liegt.

II.

Lässt sich die Knapp'sche Methode auch dann noch anwenden, wenn der Zuckergehalt des Harns so klein, dass er durch die Fehling'sche Methode nicht mehr zu ermitteln ist?

Harne, die eine geringe Quantität Zucker (0.5—0.7% oder weniger) enthalten, lassen sich sehr häufig nach Fehling nicht mehr titriren[1]). In solchen Fällen wird die Fehling'sche Lösung nach Zusatz von einer grösseren oder kleineren Menge der Harnmischung zuerst etwas trübe, später grünlich und dann gewöhnlich sherrybraun bei durchfallender Beleuchtung, mit schmutzig gelbgrünlicher Opalescenz beim reflectirten Lichte. Die sherrybraune Färbung rührt wahrscheinlich wesentlich von gelöstem, die gelbgrünliche Opalescenz von suspendirtem Kupferoxydulhydrat her. Diese fein suspendirten gelbgrünlichen Partikelchen senken sich sehr langsam zu Boden und lassen sich keineswegs, nicht einmal nach Stunden, abfiltriren; das Filtrat hat das gleiche Aussehen wie die Flüssigkeit selbst. Der Harn muss also Substanzen enthalten, die das Kupferoxydul lösen oder die Ausfällung des suspendirten Kupferoxydulhydrats verhindern. Ein solcher Stoff (Kreatinin) ist, wie es scheint, nachgewiesen und sein Verhalten gegen Zuckerlösungen und die Fehling'sche Flüssigkeit experimentell untersucht. Im Vorhandensein dieses und anderer Körper (der Farbstoffe) haben mehrere Forscher, z. B. Seegen, eine Erklärung jener eben besprochenen Erscheinung zu finden geglaubt. Sonderbar ist es indessen, dass diese Substanzen erst, wenn der

1) Harne, die mehr als 0.5% und weniger als 1% Zucker enthalten, geben in der Regel, aber bei weitem nicht immer, ein klares Filtrat nach der Reduction der Fehling'schen Flüssigkeit.

Digitized by Google

Zuckergehalt unter eine gewisse Grenze sinkt, ihre Wirkung entfalten. Man kann diesen Uebergang in einem und demselben Harne, dem man verschiedene Mengen Zucker zusetzt, zeigen; oberhalb eines gewissen Zuckergehaltes erhält man nach der Reduction ein klares Filtrat, unterhalb desselben ist das Filtrat trübe und giebt Kupferreaction.

1) Dem Harne eines Diabetikers wurde eine abgewogene Menge Traubenzucker zugesetzt; dann wurde der Harn auf das Fünffache verdünnt und nach der Methode von Fehling titrirt; er zeigte einen Gehalt von 0.8% Zucker. Filtrat nach der Reduction klar und kupferfrei. Darauf wurde eine 0.75%ige Mischung gemacht, die eben so wie die vorgenannte nach der Verdünnung auf das Fünffache mit der Fehling'schen Flüssigkeit titrirt wurde. Das Kupferoxydul setzte sich im Anfang gut ab, gegen das Ende der Titrirung aber schied es sich so fein aus, dass es sich trotz der Anwendung eines doppelten Filters nicht abfiltriren liess. Die Grenze lag also zwischen 0.8 und 0.75 %. 2) Einem normalen Harne wurden abgewogene Mengen reinen Traubenzuckers zugesetzt, so dass Mischungen mit Zuckergehalten von resp. 0.9, 0.8 und 0.7% entstanden. Vor der Titrirung wurden auch sie mit der vierfachen Menge Wasser verdünnt. Die Grenze war in diesem Falle ungefähr dieselbe, zwischen 0.8 und 0.7%.

Wir haben vergeblich versucht, diese Grenze zu Gunsten der Titrirung zu verrücken, theils durch Verdünnen des Harns mit noch grösseren Mengen Wasser als gewöhnlich, theils durch Modificiren des Alkaligehaltes der Fehling'schen Flüssigkeit, theils auf noch andere Weise.

Wir standen daher längere Zeit dem Probleme der Bestimmung kleinerer Zuckermengen im Harne rathlos gegenüber, da die Polarisationsmethode hier keine genauen Resultate liefern kann. Verschiedene Versuche mit anderen Probeflüssigkeiten, nämlich der von H. Schiff[1]) angegebenen alkalischen Lösung von weinsaurem Kupferoxyd, akalischer Wismuthoxydlösung, mit weinsaurem Kali-Natron versetzt, der von Kletzinsky[2]) und später von Löwe[3]) angegebenen Glycerin-Kupferoxydlösung, und milchsaurem Kupferoxyd in alkalischer Lösung, verfehlten gleichfalls den Zweck. Ueberrascht wurden wir daher, als wir die Erfahrung machten, dass sich die Knapp'sche Flüssigkeit zu Zuckertitrirung

1) Ann. Chem. Pharm. Bd. 112. S. 368.

2) Zeitschr. d. Gesellsch. d. Aerzte zu Wien. Jahrg. 10. 1854. Bd. 1. S. 116—117.

3) Zeitschr. f. anal. Chem. Bd. 9. 1870. S. 20.

Digitized by Google

leicht anwenden lässt, auch wenn der gesammte Gehalt des Harns an reducirenden Substanzen nur 0.1% Zucker, oder sogar weniger, gleich kommt. Selbstverständlich müssen bei so geringen Zuckergehalten die übrigen im Harne vorkommenden reducirenden Substanzen als ein wesentlicher Antheil in die gefundenen Werthe eingehen können. Wollte man daher in diesen Fällen den Zuckergehalt genau bestimmen, müsste man specielle Untersuchungen darüber anstellen, welcher Theil des gefundenen Procentgehaltes diesen Körpern zukommt. Solche Bestimmungen, denen sich mehrere Fragen von Interesse anschliessen würden, lagen indessen ausserhalb des eigentlichen Zweckes dieser Arbeit.

Die folgende Tabelle enthält die von uns ausgeführten Analysen; der Zucker war durch eine Modification der Trommer'schen Probe, deren Beschreibung nicht hieher gehört, vorher qualitativ nachgewiesen; die Zuverlässigkeit und Empfindlichkeit dieser modificirten Methode war durch eine Reihe von Versuchen festgestellt. Die zu den Analysen angewendeten Harnflüssigkeiten enthielten bald 10%, bald 20% des ursprünglichen Harnes.

Tab. 2.

	I. Diabetiker.	Zuckergehalt nach Knapp.		II. Wöchnerinnen.	Zuckergehalt nach Knapp.
1	J. A.	0.12%	19	M. A.	0.087%
2	C. W.	0.12%	20	M. A.	0.14%
3	R. K.	0.17%	21	B. A.	0.17%
4	C. W.	0.20%	22	M. E.	0.21%
5	C. W.	0.25%	23	B. A.	0.32%
6	R. K.	0.30%	24	M. E.	0.33%
7	C. W.	0.30%	25	M. A.	0.42%
8	O. K.	0.36%	26	M. E.	0.56%
9	E. J.	0.42%	27	M. E.	0.57%
10	E. J.	0.43%	28	M. E.	0.69%
11	O. K.	0.45%	29	M. E.	0.73%
12	R. K.	0.46%	30	M. A.	0.78%
13	C. W.	0.50%			
14	O. K.	0 52%			
15	P. A.	0.56%			
16	C. W.	0.56%			
17	R. K.	0.76%			
18	J. A.	0.90%			

Diese Harne liessen sich sammt und sonders mit der grössten Leichtigkeit nach der Knapp'schen Methode titriren;

Digitized by Google

das Quecksilber schied sich gut aus; es wurde von den Phosphatflocken ganz umhüllt und sank schnell zum Boden, so dass die obenstehende klare Flüssigkeit eine scharfe Endreaction bequem zuliess. Sowohl 10- als 20%ige Harnmischungen ergaben gute Resultate; jedoch haben wir, wenn der Harn nicht stark gefärbt war, die Anwendung 20%iger Mischungen vortheilhafter gefunden.

Dagegen liessen sich diese Harne mit der Fehling'schen Flüssigkeit nicht titriren; das Filtrat war niemals klar. Diese Erscheinung, die allen physiologischen und pathologischen Chemikern auffallend gewesen, veranlasste folgende Fragen: a) In wie fern wird die Titrirung mit der Fehling'schen Flüssigkeit durch das Verdünnen des Harns mit Wasser und durch den Alkaligehalt der Flüssigkeit influirt? b) Wie lässt sich diese Erscheinung erklären? c) Verhalten sich normale Harne, die auf irgend eine Art Zucker enthalten, und diabetische in dieser Beziehung einerlei, oder nicht?

a) Wie die Tabelle zeigt, enthielt der unverdünnte Harn gewöhnlich mehr als 0.2%, häufig 0.4—0.5%, und 5mal sogar mehr als 0.6%. Wir haben im Laufe der zwei letzten Jahre mit Beihülfe einiger sachverständigen Chemiker, die im Institute gearbeitet haben, mehrere hundert Titrirungen mit der Fehling'schen Flüssigkeit unter Beobachtung aller Cautelen ausgeführt, und stets die Erfahrung gemacht, dass Harne, die 0.5% oder weniger Zucker enthalten, sich nach dieser Methode gewöhnlich nicht titriren lassen. Es dürfte dieses Resultat unerwartet sein; es scheint nämlich festgestellt, dass starkes Verdünnen des Harns eine so günstige Einwirkuug auf die Titrirung habe, dass der Zucker in Harnen von 0.2—0.5% Gehalt nach der Verdünnung mit einer grossen Menge Wasser genau müsste titrirt werden können. In unseren Versuchen haben wir indessen solche Harne immer auf das Fünf- oder Zehnfache, bisweilen sogar auf das Fünfzehnfache verdünnt, haben aber dessungeachtet des Kupferoxyduls im Filtrate nicht los werden können. Seegen[1]) hat die Grenze auf etwa 0.1—0.2% gesetzt, falls der Harn genügend verdünnt wird; er hat indessen zur Endreaction nicht das Filtrat angewendet, sondern sich auf die Beobachtung der durch die Reduction erfolgten Entfärbung der Flüssigkeit beschränkt. Die Verdünnung mit

1) Seegen, Der Diabetus mellitus. 2. Auflage. Berlin 1875. S. 152.

Digitized by Google

Wasser wirkt dann insofern günstig, als dadurch die normale Harnfarbe, welche leicht einen schwach blauen Schimmer von Kupferoxyd verdecken kann, geschwächt wird. Dieser Einfluss wird aber durch den Umstand mehr oder weniger neutralisirt, dass die grosse Flüssigkeitsmenge die blaue Farbe in hohem Grade abblassen lässt. Bei diesem Verfahren lassen sich nur ausnahmsweise ganz zuverlässige Bestimmungen erhalten. Wir sagen ausnahmsweise, es geschieht nämlich bisweilen, dass man den Zeitpunkt, wenn der Spuren von gelöstem Kupferoxyd andeutende Schimmer verschwindet, mit Schärfe beobachten kann, auch wenn der Zuckergehalt des unverdünnten Harns nur 0.2—0.5% beträgt. Jedenfalls wird aber die Entscheidung auf diese Weise sehr selten scharf. Nur durch eine chemische Untersuchung des Filtrats sind exacte Resultate möglich. Alles beruht demgemäss darauf, nach der Reduction ein klares, kupferoxydulfreies Filtrat zu erhalten. Nach Seegen und anderen soll die Verdünnung des Harns mit Wasser auch in dieser Beziehung eine günstige Wirkung haben. Wir haben nicht gerade die Richtigkeit dieser Angabe bestätigen können. Wenn man dem Harn Wasser zusetzt, werden alle seine Bestandtheile gleichmässig verdünnt, also nicht nur diejenigen Substanzen, welche die Ausfällung des Kupferoxyduls verhindern, sondern auch der Zucker selbst. Es ist nicht ohne Weiteres leicht einzusehen, warum unter solchen Umständen diejenigen Bestandtheile des Harns, welche die Fällung des Kupferoxyduls verhindern, vorzugsweise in ihrer Wirkung gelähmt werden sollten. Wenn man Harne erst direct, und dann nach der Verdünnung mit Wasser titrirt, wird man auch in der Regel, wenigstens bei Harnen von geringem Zuckergehalte — ceteris paribus — keinen wesentlichen Unterschied in Bezug auf den Kupferoxydulgehalt des Filtrats finden[1]). Nur scheint der

1) Durch Wasserzusatz wird die quantitative Bestimmung erleichtert und genauer, weil die Verdünnung des zuckerhaltigen Harnes auf das 5- oder 10fache eine entsprechende Verkleinerung des Fehlers bewirkt, und weil die normale Farbe des Harns geschwächt wird, so dass man leichter wahrnehmen kann, wenn der blaue Schimmer der Flüssigkeit verschwindet, und besser im Stande ist, im Filtrate Spuren von Kupferoxyd nachzuweisen. Das Kupferoxyd sinkt auch gewöhnlich in einer verdünnteren Flüssigkeit leichter zu Boden, aber diesen Vortheil haben wir im hiesigen Institute von relativ kleiner Bedeutung gefunden.

Digitized by Google

Gehalt an gelöstem Kupferoxydul grösser beim unverdünnten, die Menge des fein suspendirten, durch das Filter laufenden Kupferoxydulhydrats dagegen grösser beim verdünnten zu sein, wahrscheinlich wegen der geringeren Concentration der alkalischen Flüssigkeit. Seegen hat die wesentliche Bedeutung dieses Unterschiedes beim qualitativen Nachweis des Zuckers mittelst der Fehling'schen Flüssigkeit ganz richtig aufgefasst. Wenn Harne, die geringe Quantitäten Zucker enthalten, der unverdünnten Fehling'schen Flüssigkeit zugesetzt werden, entsteht beim Erhitzen oft nur eine Farbenveränderung der Flüssigkeit, aber keine Ausscheidung von Kupferoxydul(hydrat); wird dagegen die Fehling'sche Lösung mit Wasser stark verdünnt, zeigt sich gewöhnlich im Laufe des Erhitzens durch die ganze Flüssigkeit eine characteristische Fällung von fein vertheiltem gelbem Kupferoxydul(hydrat). Allein dieser Unterschied ist für die quantitative Bestimmung von keiner grösseren Wichtigkeit, ganz einfach desshalb, weil das fein suspendirte Kupferoxydul(hydrat) nicht abfiltrirt werden kann; wir haben uns unter diesen Umständen von Kupferoxydul im Filtrate nie, nicht einmal bei Anwendung dreifachen Filters befreien können.

Claude Bernard theilt mit, dass wenn man eine grosse Menge concentrirter Alkalilösung der Fehling'schen Flüssigkeit zusetzt, das Kupferoxydul während und nach der Titrirung in Lösung gehalten wird. Diese Angabe Cl. Bernards[1]) bezieht sich gewiss ursprünglich auf Zuckerbestimmungen im Blute nach dem Entfernen des Eiweisses; sie haben aber auch ihre Richtigkeit sowohl für den Harn als für wässrige Zuckerlösungen, wenn man nur seine Vorschriften genau befolgt.

1) Sein Verfahren ist das folgende: 1 ccm. der Fehling'schen Lösung wird mit 15—20 ccm. einer concentrirten Kalilauge versetzt. Die Kochflasche, welche die Mischung enthält, wird mit einem doppelt durchbohrten Korkstopfen verschlossen; das eine der Löcher desselben nimmt die Spitze der mit der zuckerhaltigen Flüssigkeit gefüllten Bürette luftdicht auf; in das andere wird eine rechtwinklig gebogene Glasröhre, deren freies Ende einen kurzen Kautschukschlauch trägt, eingefügt. Die Flüssigkeit wird zum Kochen erhitzt, die Flamme, wenn die Luft aus der Flasche ausgetrieben, entfernt und das Kautschukröhrchen mittelst eines Quetschhahns geschlossen. Das Kochen wird sich dann im luftverdünnten Raume von selbst fortsetzen. Dann lässt man aus der Bürette die Zuckerflüssigkeit bis zum vollständigen Verschwinden der blauen Farbe zufliessen. (Cl. Bernard, Leçons sur le diabète et la glycogenèse animale. Paris 1877. S. 119.)

Digitized by Google

1 ccm. der Fehling'schen Flüssigkeit wurde mit 20 ccm. einer Kalilösung von 1.38 sp. G. bei 16° C. (ca. 37% KOH) gemischt, zum Kochen erhitzt und, nachdem das Kochen einige Zeit gedauert hatte, von der Luft abgesperrt. Dann wurde tropfenweise der auf das 10fache verdünnte zuckerhaltige Harn (Zuckergehalt 1%) oder eine 0.5%ige wässrige Zuckerlösung zugesetzt. Wo der Tropfen sich mit der Fehling'schen Flüssigkeit mischte, zeigte sich sogleich eine stark gelbe Färbung, die indessen wieder verschwand. Diese gelbe Farbe rührte wohl von einer plötzlichen Ausfälluug von Kupferoxydul her, das sich wieder eben so schnell löste, ohne eine permanente Färbung der Flüssigkeit hervorzubringen. Diese wurde zuletzt ganz einfach entfärbt; keine Spur von ausgefälltem Kupferoxydul war zu beobachten.

Demzufolge könnte eine Verminderung des Alkaligehalts der Fehling'schen Lösung eine vollständigere Ausscheidung von Kupferoxydul bewirken; wir haben ja eben gesehen, dass eine stärkere Verdünnung der Fehling'schen Flüssigkeit, wodurch die Concentration der alkalischen Lösung abnimmt, die Menge des suspendirten Kupferoxydulhydrats im Verhältniss zum gelösten vergrössert. Die Angabe Cl. Bernards bezieht sich indessen nur auf den Fall, dass der Alkaligehalt excessiv vermehrt ist; eine kleinere Vergrösserung, wiewohl an sich bedeutend, hat keine erhebliche Wirkung[1]); andererseits scheinen auch selbst bedeutende

---

1) Cl. Bernard (l. c. S. 120) fügt immer vor der Titrirung des Zuckers im Harne der Fehling'schen Lösung ein Stück kaustisches Kali zu, weil in diesem Falle Kupferoxydul gelöst erhalten werde, und man nur auf die Entfärbung der Flüssigkeit Rücksicht zu nehmen brauche. „Il y a une autre précaution dont je néglige jamais de récommander l'observation. C'est d'ajouter toujours de la potasse caustique à la liqueur cupro-sodique ou cupro-potassique avant de la faire agir. La réaction est plus nette et plus rapide. L'oxydule cuivrique reste même en dissolution au lieu de se précipiter, ce qui fait qu'on n'a à tenir compte que de la décoloration." Abgesehen davon, dass die Entfärbung niemals ein genaues Criterium abgiebt, ist hervorzuheben, dass die zur Lösung alles Kupferoxyduls nöthige Menge des kaustischen Kalis enorm gross ist (und desshalb genau angegeben werden muss). Die Anwendung einer kleineren, aber doch verhältnissmässig bedeutenden Menge kaustischen Kalis, hat nach unserer Erfahrung insofern einen schädlichen Einfluss, als das Kupferoxydul nur theilweise ausgefällt und in grösserer Menge in Lösung erhalten wird, so dass das Filtrat häufiger als sonst Kupferoxydul enthält. Dieses zeigt folgender Versuch: 10 ccm. der Fehling'schen Flüssigkeit, mit 6 Gr. Stangenkali versetzt, wurden zur Titrirung eines bis auf das 10fache verdünnten zuckerhaltigen Harnes (0.68% Zucker) angewendet. Das bei der Operation ausgeschiedene Kupferoxydul liess sich sehr leicht abfiltriren, das

Digitized by Google

Verminderungen des Alkaligehalts die Ausscheidung des Kupferoxyduls nicht in dem Grade zu befördern, dass bei diesen Harnen ein klares Filtrat zu erhalten ist.

Die Grenze wird demnach durch das Verdünnen des Harns mit Wasser und auch durch gewisse (ziemlich bedeutende) Variationen im Alkaligehalte nicht wesentlich beeinflusst.

Nachdem dieses festgestellt war, dachten wir uns die Möglichkeit, dass Bleizucker oder Bleiessig dem Harne zugesetzt einige der Substanzen, die das Kupferoxydul fein suspendirt oder in Lösung halten, ausfällen könnte. Es ist aber nicht anzurathen, grössere Menge dieser Reagentien anzuwenden, da geringe Quantitäten Zucker vom Niederschlage leicht theilweise mitgerissen werden. Wenn man kleinere Mengen gebraucht, z. B. 90 ccm. Harn mit 10 ccm. einer 10%igen Bleizuckerlösung oder 10 ccm. Bleiessig von etwa 10% Bleioxydgehalt versetzt, wird die vom Niederschlage abfiltrirte Harnflüssigkeit, die nöthigenfalls vor der Titrirung entbleit werden muss, bei der Bestimmung mit der Fehling'schen Lösung nicht merkbar günstigere Resultate als der ursprüngliche Harn zeigen.

b) Warum ist nun das Filtrat klar und ohne gelöstes Kupferoxydul, wenn der Zuckergehalt eine gewisse Grenze überschreitet, und warum kupferoxydulhaltig, wenn der Zuckergehalt kleiner ist? Die Erklärung kann im Wesentlichen nirgends anders zu suchen sein als im relativen Mengenverhältnisse zwischen dem Zucker und den Substanzen, welche die Fähigkeit haben, das Kupferoxydul zu lösen oder dessen Absinken zu hindern. Wenn der Zuckergehalt verhältnissmässig sehr klein ist, werden diese Stoffe einen dominirenden Einfluss ausüben können; wenn dagegen der Zuckergehalt grösser ist, muss die Wirkung dieser Bestandtheile zurücktreten, auch wenn ihre absolute Menge dieselbe ist. Man kann die Bedeutung dieser Substanzen dadurch demonstriren, dass man normalen Harn mit Wasser verdünnt und in einer bestimmten Menge des so verdünnten und des unverdünnten Harns das gleiche Quantum Zucker löst; der procentische Gehalt der Lösungen wird dann selbstverständlich derselbe. Enthalten sie nun beide z. B. 0.2 — 0.3% Zucker, wird die Lösung des Zuckers in dem mit

Filtrat enthielt aber, selbst nach Zusatz eines Ueberschusses der zuckerhaltigen Mischung, Kupferoxydul in Lösung.

Digitized by Google

Wasser verdünnten Harne nach der Reduction ein klares Filtrat liefern können, während das Filtrat im anderen Falle trübe sein wird. Genau derselbe Unterschied zeigt sich auch beim Titriren zweier diabetischer Harne von niedrigem Zuckergehalt, die sich dadurch unterscheiden, dass im einen Falle Polyurie vorhanden ist, im anderen nicht. Die procentische Menge des Zuckers sei in den beiden dieselbe; im ersteren Falle (bei der Polyurie) wird das Filtrat nach der Reduction entweder ganz frei von Kupferoxydul sein oder jedenfalls weniger davon enthalten als im anderen, offenbar weil die die Ausscheidung hemmenden Bestandtheile wegen des grossen Wassergehaltes des Harns in relativ (zu der des Zuckers) geringer Menge vorhanden sind. Diese vergleichenden Untersuchungen, die wir anzustellen reichliche Gelegenheit gehabt haben, beweisen unseres Erachtens die Richtigkeit jener Erklärung. Dass diese indessen kaum darauf Anspruch machen darf, als erschöpfend bezeichnet zu werden, bevor jene Stoffe näher bekannt und untersucht sind, ist einleuchtend.

c) Man giebt gewöhnlich an, dass diabetische Harne sich leichter titriren lassen als solche, die auf irgend andere Weise Zucker enthalten. Die in der Tabelle zusammengestellten Analysen können nicht als Stützen für diese Ansicht angeführt werden. Wenn man den Procentgehalt bei Wöchnerinnen und Diabetikern in obenstehender Tabelle (Nr. 2) — die, wohl zu merken, nur solche Harne enthält, die sich mit der Fehling'schen Flüssigkeit nicht titriren liessen, — vergleicht, ist die Uebereinstimmung ziemlich bedeutend. In beiden Fällen enthielt der unverdünnte Harn gewöhnlich 0.3 — 0.5 %. Bei den 18 diabetischen Harnen betrug der Zuckergehalt zweimal mehr als 0.6 % (resp. 0.76 und 0.90 %), und bei den 12 Wöchnerinnen 3 mal (resp. 0.69, 0.73 und 0,78 %). Maximum des procentischen Zuckergehaltes solcher Diabetesharne, die sich nach Fehling nicht titriren liessen, war demnach 0.90 %, und in Harnen der Wöchnerinnen 0.78 %. Wenn wir auf der anderen Seite die kleinsten procentischen Mengen, die sich nach Fehling titriren liessen, vergleichen, finden wir (cfr. Tabelle Nr. 1) in Betreff auf die Diabetiker 0.57 %, auf die Wöchnerinnen 0.69 %. Zwar sind die Versuchsdata dieser Arbeit nicht sehr zahlreich, wir dürfen aber doch sowohl auf Basis derselben als mit Bezug auf zahlreiche vergleichende Bestimmungen[1]),

1) Diese werden in einer anderen Arbeit über die Bestimmung des

Digitized by Google

nach Fehling und mittelst des Circumpolarisationsapparates ausgeführt, aussprechen, dass in dieser Beziehung im Allgemeinen kein durchgreifender Unterschied zwischen zuckerhaltigen Harnen bei Diabetikern und Nicht-Diabetikern nachzuweisen ist.

Dass die Grenze der Titrirung bei diabetischen Harnen häufig niedriger liegen kann, ist in der Polyurie gegründet, die auch dann vorhanden sein kann, wenn der Zuckergehalt sehr klein ist. C. G. Lehmann, Winogradoff, Kühne und Hoppe-Seyler nehmen an, dass die Hauptsache eine andere sei, und finden sie darin, dass die die Ausfällung des Kupferoxyduls hindernden Stoffe in der überwiegenden Anzahl Diabetes-Fällen in weit geringerer Menge als gewöhnlich gebildet oder ausgeschieden werden, Lehmann[1]) sagt: „Im eigentlichen Diabetes mellitus ist der Harn gerade frei von jenen Substanzen, welche die Reaction jenes (des Trommer'schen) Mittels oder vielmehr unser Urtheil über dessen Reaction stören können ....“ Winogradoff („Beiträge zur Lehre vom Diabetes mellitus“[2]): „Man sieht aus diesen Versuchen, dass 1) Kreatinin die Eigenschaft hat, das Kupferoxydul, welches bei der Trommer'schen Probe mit der zuckerhaltigen Flüssigkeit sich bildet, in Lösung zu erhalten; .... 3) dass alle diese Eigenschaften vollkommen identisch sind mit den Eigenschaften des bis jetzt noch unbekannten Stoffes, welcher im normalen Harn vorhanden ist, im diabetischen Harn hingegen entweder vollkommen fehlt, oder bloss in sehr geringer Menge sich vorfindet“. Kühne[3]) äussert: „Im normalen Harne müssen .... Substanzen enthalten sein, die in den meisten Fällen von Diabetes fehlen“, und Hoppe-Seyler auf einer Stelle[4]): „Diabetische Harne enthalten ausser Zucker nur wenig reducirende Stoffe und auch sehr wenig von denen, welche das Kupferoxydul in Lösung erhalten“, und auf einer anderen Stelle[5]): „Verschiedene organische Stoffe verlangsamen oder verhindern die Abscheidung des bei dieser (der Trommer'schen) Reaction sich bildenden Kupferoxyduls; ziemlich

Zuckers im menschlichen Harne mittelst des Circumpolarisationsapparates ihren Platz finden.

1) Lehrb. d. physiol. Chem. Bd. 1. 2. Aufl. Leipzig 1853. S. 264.

2) Virchow's Archiv, Bd. 27. 1863. S. 552.

3) Lehrb. d. physiol. Chem. Leipzig 1868. S. 520—521.

4) l. c. S. 337.

5) l. c. S. 124.

Digitized by Google

reichlich finden sich solche Körper im normalen menschlichen Harne, in viel geringerer Menge im diabetischen Harne". Die bisherigen Erfahrungen beweisen keineswegs, dass die täglich ausgeschiedene Menge dieser Substanzen in den meisten Fällen von Diabetes bedeutend verkleinert ist[1]), und die Thatsache, die Kühne um seine Ansicht zu stützen, anführt, hat keine Beweiskraft. Kühne hat sich an die alte Beobachtung angelehnt, dass die diabetischen Harne, die am leichtesten Ausfällung von Kupferoxydul bei der Trommer'schen Probe ergeben, eine blasse Farbe, während diejenigen, die sich schwieriger titriren lassen, eine dunklere Harnfarbe besitzen[2]). Dieser Unterschied aber kann schlechthin aus dem grösseren oder kleineren Wassergehalt des Harnes erklärt werden. Wenn der Harn blass grünlichgelb ist, ist häufig Polyurie vorhanden, auch wenn der Zuckergehalt sehr klein ist. Hat der Harn dagegen eine dunklere Farbe, ist er gewöhnlich viel concentrirter. Will man daher jene Observation zu Hülfe nehmen, muss man sich jedenfalls nur der Vergleichungen zwischen blassen und dunklen diabetischen Harnen derselben Concentration bedienen. Wie sich die Sache dann stellen würde, wagen wir nicht im Voraus bestimmt zu entscheiden. Wir glauben jedoch aussprechen zu dürfen, dass die Ausfällung des Kupferoxyduls in diesem Falle

---

1) Nach den vorliegenden Versuchen scheint die Menge der die Ausfällung des Kupferoxyduls hindernden Stoffe sowohl bei Diabetikern als Nicht-Diabetikern erheblich zu variiren; diese Versuche, die im hiesigen Institute ausgeführt sind, deuten auf so complicirte Verhältnisse hin, dass wir erst nach sehr langer Erfahrung und einer Reihe von Vorarbeiten sichere Schlussfolgerungen ziehen dürfen. Bei den früheren Angaben über die absolute Verminderung dieser Substanzen im diabetischen Harne hat man nicht auf die in 24 Stunden ausgeschiedene Harnmenge und ihren procentischen Zuckergehalt die nöthige Rücksicht genommen.

2) Es muss zugegeben werden, dass dieser Unterschied in der Farbe des Harns zu Gunsten der Annahme Kühne's spricht, da nach Seegen u. a. die Farbstoffe des Harns die Ausfällung des Kupferoxyduls hindern sollen. Wir wissen indessen keineswegs mit Sicherheit, ob der oder die Stoffe, welche die gelbbraune Farbe bei solchen Diabetikern erzeugen, wo derselbe dunkler gefärbt ist, denjenigen Substanzen angehören, die vorzugsweise die Ausfällung hindern. Nach Winogradoff scheint die Farbe des Harns keinen grösseren Einfluss auszuüben; er sagt nämlich (l. c. S. 550): „Nicht selten geschieht es auch, dass der normale Harn sehr unbedeutend gefärbt ist, ohne dass er dabei seine übrigen Eigenschaften einbüsst."

Digitized by Google

keine auffälligen Abweichungen zeigen wird. Der Eine von uns hat längere Zeit hindurch Diabetiker methodisch observirt und behandelt, und wir haben dadurch Gelegenheit gehabt, uns davon zu überzeugen, dass wenn der Zuckergehalt unter eine bestimmte Grenze sinkt und zugleich Polyurie nicht mehr vorhanden ist, das Filtrat nach der Reduction der Fehling'schen Lösung gelöstes oder fein suspendirtes Kupferoxydul(hydrat) enthalten wird, mag der Harn blass grünlichgelb bleiben oder, wie wenigstens eben so häufig der Fall sein dürfte, eine mehr normale gelbbraune Farbe angenommen haben.

Das folgende Beispiel zeigt in genügender Weise, dass sogar ein sehr heller diabetischer Harn, wenn die Harnmenge nicht bedeutend vergrössert ist, eine verhältnissmässig grosse Menge der die Ausfällung des Kupferoxyduls hindernden Stoffe enthalten kann.

Der Harn eines an einem schweren Falle von Diabetes leidenden Patienten enthielt 0.8% Zucker (mittelst zweier Circumpolarisationsapparate bestimmt und von drei verschiedenen Beobachtern controlirt; als Maximum wurde 0.9%, als Minimum 0.7% gefunden). Der Harn war von sehr heller grünlichgelber Farbe. Die Harnmenge in 24 Stunden 1800 ccm.; sie schwankte in der zunächst vorausgehenden und nachfolgenden Zeit zwischen 1200 und 1900 ccm.; Polyurie war also nicht eigentlich vorhanden. Dieser Harn liess sich seines verhältnissmässig grossen Zuckergehaltes ungeachtet mit der Fehling'schen Lösung nicht titriren; das Filtrat enthielt sowohl suspendirtes als gelöstes Kupferoxydul(hydrat); nach der Entfärbung zu schliessen, musste der Zuckergehalt = 1.0 bis 1.1% angenommen werden.

Aus den zur Zeit vorliegenden Thatsachen darf nun der Schluss gezogen werden, dass die Verschiedenheiten in der Ausscheidungsweise des Kupferoxyduls hauptsächlich von der grösseren oder geringeren Concentration des secernirten Harns bedingt werden, die bekanntlich bei fester Nahrung und vermehrter Transspiration grösser, bei flüssigen Nahrungsmitteln und geringerer Hautsecretion kleiner ist. Der sachkundige Seegen hat auch gegen Kühne dieses betont, accentuirt aber nicht den Unterschied zwischen einem natürlich (ursprünglich sehr wasserhaltigen) und einem künstlich verdünnten diabetischen Harne[1]). In jenem Falle (bei der Polyurie) wird die

1) Seegen sagt (l. c. S. 152): „Und so wie man bei künstlichem Zuckerharn die Ausfällung des Kupferoxyduls dadurch bewirken kann, dass man den Harn mit Wasser verdünnt, kann man dies auch bei concentrirten diabetischen Harnen der milden Form durch die gleiche Manipulation bewirken."

Digitized by Google

Grenze der Titrirung niedriger liegen als sonst, weil jene Substanzen in verhältnissmässig (zu der des Zuckers) weit geringerer Menge als in gewöhnlichem Harne von demselben (künstlich beigebrachten) Zuckergehalt vorhanden sind. Im letzteren Falle wird die Grenze der Titrirung kaum nach unten gerückt, sie ist vor und nach der Verdünnung nicht wesentlich verschieden, weil die Menge aller Stoffe gleichmässig abgenommen hat; das relative Verhältniss zwischen dem Zucker und jenen Substanzen bleibt also im verdünnten Harne dasselbe wie im unverdünnten.

Wir haben dies nochmals scharf hervorgehoben, da die Verwechslung dieser zwei Verdünnungsmodi eine nicht geringe Confusion erzeugt hat.

III.

Welche dieser Methoden (die Fehling'sche oder die Knapp'sche) ist vorzuziehen?

Die Frage, welche von den beiden Methoden vorzuziehen ist, ist eigentlich schon beantwortet, insofern wir im Vorhergehenden gesehen haben, dass die Knapp'sche 1) in allen, die Fehling'sche nur in einer beschränkten, wenn auch ziemlich grossen Anzahl von Fällen anwendbar ist. Es ist dies der wesentlichste und der nicht genug zu schätzende Vortheil; die Methode von Knapp hat aber auch andere, nicht unbedeutende Vorzüge. 2) Die Probeflüssigkeit ist vollständig haltbar, auch wenn sie in einem warmen Zimmer und der Einwirkung des Lichtes ausgesetzt steht, während sich die Fehling'sche Flüssigkeit, in gewöhnlicher Weise dargestellt, im Laufe der Zeit leicht verändert; es scheidet sich Kupferoxydul aus, und wenn auch dies nicht eintrifft, geschieht es doch häufig, dass eine Lösung, die längere Zeit aufbewahrt worden ist, sich beim Erhitzen zum Kochen unter Aus-

---

Die Versuche Seegen's (l. c. S. 202) zeigen, wie uns scheint, mit Rücksicht auf die quantitative Bestimmung kleiner Zuckermengen im Harne (0.8% oder weniger) eigentlich nur, dass wenn demselben Harne verschiedene Mengen Wasser zugesetzt werden und man in jeder dieser Mischungen die gleiche Menge Zucker auflöst, so dass der procentische Gehalt in allen derselbe wird, die mit Wasser am meisten verdünnte Harnmischung die beste und vollständigste Ausscheidung von Kupferoxydul geben wird.

Digitized by Google

scheidung von schwarzem Kupferoxyd, zuweilen auch von Kupferoxydul, zersetzt. Neubauer hat mit Recht ausdrücklich auf die Nothwendigkeit hingewiesen, bei der Aufbewahrung bestimmte Vorsichtsmassregeln zu beobachten [1]), aber auch die von ihm angegebenen Massregeln genügen noch nicht. — Dieser Vorwurf gegen die Fehling'sche Flüssigkeit ist indessen, wie schon in der Einleitung angedeutet, nicht gerade wesentlich, da man diesem Uebelstande aus dem Wege gehen kann, wenn man nach dem Vorgange Schneider's die Kupfervitriollösung und die mit Natronlauge versetzte weinsaure Alkalilösung in zwei verschiedenen Flaschen aufbewahrt und zugleich den Rath Seegen's [2]), die Seignettesalzlösung, um Schimmelbildung zu verhüten, auf 100° zu erwärmen befolgt; doch muss bemerkt werden, dass dieses Erhitzen nicht nach dem Mischen mit Natronlauge geschehen darf; in solchem Falle scheint sich nämlich nach Zusatz der Kupfervitriollösung beim Erwärmen bis zum Kochen das schwarze Kupferoxyd leichter als sonst abzuscheiden.

Wir stellen die Fehling'sche Flüssigkeit auf folgende Weise dar: 34,64 Gr. reiner, krystallisirter Kupfervitriol wird in Wasser gelöst, die Lösung zum Liter verdünnt und in einem Apparate von der in Mohr's „Lehrbuche der chemisch-analytischen Titrirmethods, 4. Auflage. 1874" S. 18, Fig. 26 dargestellten Einrichtung aufbewahrt. Um das Verdunsten von Wasser zu verhüten, enthält die Röhre, durch welche die in die Flasche einströmende Luft passiren muss, als Sperrflüssigkeit etwas Kupfervitriollösung. — 173 Gr. Seignettesalz werden in etwa 350 ccm. Wasser gelöst und die Lösung zum Kochen erhitzt. Nach dem Erkalten werden 600 ccm. Natronlauge von sp. G. 1.12, die gleichfalls vorher erhitzt worden, zugesetzt und die Mischung mit ausgekochtem Wasser zum Liter verdünnt; sie wird in einem Apparate von gleicher Construction wie oben aufbewahrt, und das Rohr, wodurch die Luft beim Ausfliessen der Flüssigkeit einströmen muss, enthält etwas Natronlauge, die naturlich, wie die Kupfervitriollösung in der Röhre der anderen Flasche, dem Durchgange der Luft nur den möglichst kleinsten Widerstand bieten darf.

Die Lösungen werden erst in der Kochflasche vor der Titrirung ge-

---

1) Neubauer u. Vogel, Anl. zur qualit. u. quantit. Anal. des Harns. 7. Auflage. Wiesbaden 1876. S. 206: „Soll die Kupferlösung sich lange Zeit halten, so ist es absolut nöthig, sie in kleine Gläser (40—80 Grm.) zu füllen, diese mit guten Stopfen zu schliessen, zu versiegeln und im Keller aufzubewahren."

2) l. c. S. 145.

Digitized by Google

mischt, und zwar sind gleiche Mengen (z. B. 10 ccm.) von beiden anzuwenden. Bei der Berechnung wird nur auf das abgemessene Quantum Kupfervitriollösung Rücksicht genommen; diese hat dieselbe Concentration wie die gewöhnliche Fehling'sche Flüssigkeit. 1 ccm. derselben zeigt also 0.005 gr. wasserfreien Traubenzucker an.

Auf diese Weise dargestellt und aufbewahrt, ist die Flüssigkeit stets brauchbar, auch wenn sie im Lichte steht; doch veranlassen diese Präparationen immer einigen Zeitverlust. Die Knapp'sche Lösung ist nicht bloss unbedingt haltbar, sondern auch 3) leichter und schneller darzustellen. 4) Ein vierter und zwar ein sehr wesentlicher Vortheil ist aber der, dass die Bestimmung selbst viel weniger umständlich ist. a) Sie ist schneller auszuführen; eine Analyse nach Knapp verlangt nach einiger Uebung nur die halbe Zeit von einer Bestimmung nach Fehling. Der Grund dafür ist, dass man direct in der Flüssigkeit selbst nachweisen kann, ob die Reduction vollständig ist; die bei der Fehling'schen Methode unumgängliche Filtration erschwert und verlangsamt die Bestimmung bedeutend, da man nicht selten mehrere Filtrate untersuchen muss, und noch mehr Zeit geht verloren, wenn man, nachdem man sich von der Abwesenheit des Kupferoxyds im Filtrate überzeugt hat, noch die Zuckerreaction in demselben anstellen will. Es ist letzteres übrigens nicht nöthig[1]), da man mittelst Essigsäure und Ferrocyankalium

1) Neubauer sagt (l. c. S. 207): „Hat sich durch die angeführten Reagentien kein unzersetztes Kupferoxyd mehr gefunden, so kann man dennoch einen Fehler begangen haben, indem man von dem Harn zuviel zusetzte, wodurch natürlich der Gehalt an Zucker kleiner ausfallen würde als er wirklich ist. Man versetzt daher die dritte Probe des klaren fast farblosen Filtrats mit einigen Tropfen Kupferlösung und erhitzt zum schwachen Sieden. Auch selbst bei Spuren überschüssig zugesetzten Zuckers entsteht nach kurzer Zeit ein deutlich rother Schimmer, der sich namentlich schön bei auffallendem Lichte wahrnehmen lässt." Wir dürfen mit Sicherheit sagen, dass diese Angabe mit Bezug auf Harne von einem Zuckergehalte von 1.5 (oder sogar 2%) bis 1% und weniger, wenn man eine verdünnte Harnmischung (eine 10- oder 20%ige) anwendet, nicht richtig ist. Man kann dann, nachdem das Filtrat keine Kupferreaction mehr giebt, oft einen Ueberschuss von vielen (10, ja noch mehreren) ccm. der zuckerhaltigen Harnmischung zusetzen, ohne nach Zusetzen von der Fehling'schen Flüssigkeit zum Filtrate Reduction selbst nach stundenlangem Stehen zu erhalten. Wir glaubten daher anfangs, dass stärkeres Kochen den Zucker in der alkalischen Flüssigkeit destruire, und erhitzten in einigen Versuchen sehr vorsichtig, so dass die Flüssigkeit nur

Digitized by Google

mit grösster Schärfe entscheiden kann, wenn das Filtrat kein Kupferoxyd mehr enthält. Die Filtrirung kann auch aus einem anderen Grunde, der im Filtrirpapier liegt, die Bestimmung verzögern. Dieses kann nämlich reducirende Substanzen enthalten. Es hat sich mehrfach ereignet, dass das Filtrirpapier, welches das hiesige chemische Laboratorium und physiologische Institut aus Deutschland bezogen haben, bei Behandlung mit warmem Wasser (und zumal, wenn dieses ein wenig alkalisch gemacht wurde) eine Substanz abgab, die aus der Fehling'schen Lösung beim Kochen Kupferoxydulhydrat oder eine gelbe Kupferoxydulverbindung abschied. Wenn man nun nach der Reduction durch dieses Papier filtrirt, wird das Filtrat gleichzeitig Kupfer- und Zuckerreaction geben können. Wir haben daher immer vor dem Gebrauche unser Filtrirpapier untersucht, und dasselbe, wenn es solche Substanzen enthielt, verworfen[1]).

b) Neubauer[2]) hebt mit Recht die Zweckmässigkeit davon hervor, die Fehling'sche Flüssigkeit nur bis zum anfangenden Kochen zu erhitzen. Dies ist auch beim Gebrauche der Knapp'schen Lösung zu empfehlen. Die Flüssigkeit kommt schneller zur Ruhe, so dass das Ausgeschiedene leichter zu Boden sinkt. Bei der Anwendung der Fehling'schen Flüssigkeit ist ein mässiges Erhitzen nicht nur zweckgemäss, sondern sogar beinahe nothwendig, jedenfalls muss ausdrücklich hervorgehoben werden, dass man nicht zu stark und dauernd kochen darf; starkes Kochen

---

Andeutung zum Sieden zeigte; das Resultat aber blieb jedoch ganz dasselbe. — Ferner sagt Neubauer (l. c. S. 208): „Bei grösseren Mengen überschüssig zugesetzten Zuckers zeigt das Filtrat eine gelbe Farbe." Es kann dies ein Criterium abgeben, wenn man mit wässrigen Traubenzuckerlösungen oder sehr hellen (polyurischen) Diabetesharnen zu thun hat; zeigt der Harn dagegen eine stärkere Farbe, wird das Filtrat gewöhnlich gelb erscheinen, selbst bevor alles Kupferoxyd reducirt ist.

Wir haben dieses angeführt, um Anderen den Zeitverlust zu ersparen, den uns die Prüfung jener Angaben verursacht hat. Alle Proben auf Zucker in einem klaren Filtrate sind übrigens überflüssig, da wie oben gesagt, der Zeitpunkt, wenn die Kupferreaction aufhört, sich mit Schärfe bestimmen lässt.

1) Vielleicht ist dieser Uebelstand ein sehr seltener, wir haben ihn wenigstens nirgends erwähnt gefunden. In der letzteren Zeit wenden wir nur schwedisches Filtrirpapier an; dieses hat sich immer von solchen Substanzen frei gezeigt.

2) l. c. S. 206—207.

Digitized by Google

scheint nicht selten die Ausscheidung von schwarzem Kupferoxyd (als einen dem Glase anhaftenden Belege) zu begünstigen, wodurch die Bestimmung weniger genau werden kann. Dieser unbedeutende Unterschied entscheidet indessen wenig oder nichts zum Vortheil der Knapp'schen Methode, ja man könnte sogar gewissermassen mit Recht behaupten, dass die Bestimmung nach Fehling in einer anderen Beziehung etwas überlegen ist; es gilt nämlich für beide Methoden als Regel, dass man sowohl die Probeflüssigkeit als den zuckerhaltigen Harn verdünnen muss; durch die Verdünnung wird die Bestimmung in beiden Fällen bequemer und genauer. Diese Regel ist aber bei der Fehling'schen Methode nicht eigentlich eine conditio sine qua non, dagegen verträgt sie keine Ausnahme bei der Titrirung nach Knapp. Die Flüssigkeit wird nämlich bei der Anwendung des unverdünnten Harns so stark gefärbt, dass die Endreaction nicht mit Sicherheit wahrgenommen werden kann, und das ausgefällte Queksilber setzt sich dann sehr langsam ab. In dieser Beziehung wäre also der Fehling'schen Methode ein kleiner Vortheil einzuräumen, dieser ist aber selbstverständlich von noch untergeordneter Bedeutung, (da wir ja immer verdünnen). Ein ganz anderes Gewicht und zwar zu Gunsten der Knapp'schen Methode liegt aber in dem Umstande, dass das einmal ausgeschiedene Quecksilber ausgefällt bleibt und sich nicht wieder löst. Wenn man die Methode von Fehling anwendet, ist es bekanntlich nöthig, unmittelbar nach der Titrirung die Flüssigkeit auf Kupferoxyd zu untersuchen, weil sich das ausgeschiedene Kupferoxydul beim Zutritt der Luft allmählich wieder oxydirt und löst. Arbeitet man dagegen mit der Knapp'schen Flüssigkeit, kann man nach dem Ende der Titrirung sich ruhig Zeit lassen, bevor man die Endreaction ausführt; vom ausgeschiedenen Quecksilber löst sich keine Spur, nicht einmal nach mehreren Tagen.

Die Vorzüge der Knapp'schen Methode sind in kurzer Zusammenstellung folgende: die Flüssigkeit ist leicht zu bereiten, sie ist haltbar, die Titrirung geschieht sehr schnell; die Methode ist in allen Fällen anwendbar. Zwar entspricht bei Bestimmungen kleiner Zuckermengen ein bedeutender Theil des gefundenen Werthes den übrigen reducirenden Substanzen des Harns; es ist dies jedoch in der Zusammensetzung des Harns begründet und schmälert nicht den Werth der Methode.

Digitized by Google

In der Knapp'schen Flüssigkeit hat man vielmehr nach unserer Erfahrung überhaupt ein Mittel, die Gesammtmenge der reducirenden Substanzen des Harns zu bestimmen, und man könnte sogar dieses als einen weiteren, und zwar nicht unwesentlichen Vortheil derselben betrachten. Es ist möglich, dass man auf diesem Wege eine exacte besondere Bestimmung des Zuckers und der übrigen reducirenden Substanzen in zuckerhaltigem Harne erzielen könnte, indem man zuerst die Menge der gesammten reducirenden Substanzen ermittelte und dann, nachdem der Zucker (z. B. durch Gährung) oder die übrigen reducirenden Körper in zweckmässiger Weise entfernt waren, die Menge der zurückbleibenden Substanzen bestimmte. Wahrscheinlich würde man auf diesem Wege dem Ziele näher kommen als mittelst der bisher angegebenen Methoden zur quantitativen Bestimmung minimaler Zuckermengen; diese sind ungenau und theilweise auf fehlender Sachkenntniss beruhend.

Die Methode von Fehling scheint freilich besonders für den Anfänger immer noch einen offenbaren Vorzug zu haben, nämlich die hervortretende Entfärbung der blauen Flüssigkeit und das ausgeprägte Absetzen des rothen Kupferoxyduls; die Knapp'sche dagegen giebt eine wenig augenfällige Endreaction. Dieser Vortheil ist jedoch bloss anscheinend. Man braucht nur die oben angegebenen Vorsichtsregeln genau zu beobachten, so lässt die Endreaction bei der Knapp'schen Methode sowohl an Schärfe als an Empfindlichkeit nichts zu wünschen übrig. Damit ist nicht gesagt, dass die Fehling'sche Methode beim Harne ohne Weiteres zu verwerfen sei, sie hat aber hier im Allgemeinen nur secundäre Bedeutung[1]). Besondere Vortheile wären ihr vielleicht zuzugestehen, wenn der Harn viel Blutfarbstoff enthält; in diesem Falle wird nämlich die Endreaction nach der Knapp'schen Methode vielleicht weniger scharf werden als gewöhnlich, ob aber die Fehling'sche hier wirklich einen wesentlichen Vorzug besitzt, wagen wir wegen fehlender Erfahrung nicht zu entscheiden; jedenfalls wird es nur dann der Fall sein, wenn ein klares Filtrat zu erhalten ist. Bisher aber haben wir nicht so stark gefärbte Harne getroffen, dass die Titrirung nach Knapp aus solchem Grunde Schwierigkeiten dargeboten hat.

1) Im hiesigen physiologischen Institute wird sie nur von den Anfängern zur Controle der mittelst der Knapp'schen Methode gefundenen Resultate gebraucht.

Digitized by Google

Schliesslich wollen wir die Vermuthung aussprechen, dass es kaum möglich ist, für die Titrirung des Zuckers im Harne eine zweckmässigere Flüssigkeit als die Knapp'sche erhalten zu können. Da sämmtliche chemische Methoden auf dem reducirenden Vermögen des Zuckers beruhen, müsste eine Musterflüssigkeit die Eigenschaft besitzen, nur vom Zucker und keinem anderen Stoff im Harne reducirt zu werden. Wir hatten uns einmal die Möglichkeit gedacht, eine solche Lösung darstellen zu können, weil wir glaubten annehmen zu dürfen, dass die sämmtlichen übrigen Substanzen (im Harne) ohne Ausnahme ein schwächeres Reductionsvermögen hätten als der Zucker; aber dies trifft kaum in der Wirklichkeit zu. Der Eine von uns hat gezeigt[1]), dass der normale Harn Substanzen enthalten kann, die wenigstens ebenso leicht, wenn nicht leichter, als schwächere Traubenzuckerlösungen, sowohl bei gewöhnlicher als höherer Temperatur Kupfersalze reduciren. Da dies der Fall sein kann, ist es kaum wahrscheinlich, dass man sich dem Ziele mehr wird nähern können als vermittelst der Knapp'schen Flüssigkeit[2]), und wir haben deshalb jenen Gedanken aufgegeben.

1) Eine wässrige Lösung von essigsaurem Kupferoxyd kann nach 12-stündigem Stehen mit normalem Harne bei gewöhnlicher Temparatur Reduction zeigen; eine schwach essigsaure Lösung von essigsaurem Kupferoxyd, mit normalem Harne versetzt, wird nach Kochen im Laufe einer, höchstens anderthalb Minute, reducirt werden. cfr. Worm Müller in diesem Archiv Bd. XVI. S. 551 f.

2) Die Flüssigkeit von Sachsse (eine alkalische Lösung von Jodquecksilber-Jodkalium) ist nicht einfacher und die Titrirung mit derselben (die Endreaction wird mit alkalischer Zinnoxydullösung ausgeführt) dürfte kaum vor Knapp's (Liebig's) Methode besondere wesentliche Vortheile darbieten; diese Bestimmungsweise von Sachsse ist überhaupt nur als eine Modifikation der Knapp'schen, insofern sich auch diese auf die Ausfällung des Quecksilbers basirt, zu betrachten. (Sachsse. Die Chemie und Physiologie der Farbstoffe, Kohlehydrate und Proteinsubstanzen. Leipzig 1877. S. 214—215.) v. Mering empfiehlt diese Methode insbesondere bei den zoochemischen Untersuchungen, wo man es mit stark gefärbten zuckerhaltigen Flüssigkeiten zu thun hat. Wegen fehlender Erfahrung können wir uns kein bestimmtes Urtheil erlauben; wir haben die v. Mering'sche Arbeit (v. Mering, Archiv für Anatomie und Physiologie, physiologische Abtheilung, herausgegeben von E. du Bois-Reymond, Jahrg. 1877. S. 385) erst zu Gesichte bekommen, als diese Abhandlung schon längst vollendet war.

Digitized by Google

IV.

Lässt sich die Zuckermenge in Harnen, die 0.2 % oder weniger Eiweiss enthalten, titriren, ohne dass erst das Eiweiss entfernt ist, und lassen sich in dieser Beziehung besondere Vortheile bei der Knapp'schen oder der Fehling'schen Methode nachweisen? Welche schädlichen Einflüsse übt das Eiweiss überhaupt auf die Titrirung aus?

In den Lehrbüchern der zoochemischen Analyse findet man die Angabe, dass der Zucker in Harnen, die gleichzeitig Albumin enthalten, nicht titrirt werden kann, bevor dieses entfernt ist. Wir haben in der Literatur uns vergeblich nach Thatsachen umgesehen, welche die unbedingte Nothwendigkeit dieses Verfahrens begründen könnten.

Dass die Gegenwart des Eiweisses einen schädlichen Einfluss bei der Titrirung des Zuckergehaltes des Harnes ausüben kann, ist nicht zu bezweifeln. Erstens weiss man, dass Eiweissstoffe mit Kupfer- und Quecksilbersalzen metallhaltige Niederschläge geben können[1]). Zweitens ist es nicht unmöglich, dass die Albuminate bei der Reduction der Fehling'schen Lösung oder der Ausfällung des Quecksilbers aus der Knapp'schen Flüssigkeit bei höherer Temperatur mitwirken könnten; drittens ist bekannt, dass albuminöse Stoffe die Ausscheidung des Kupferoxyduls verhindern. Darnach ist mit Gewissheit anzunehmen, dass grössere Albuminmengen die Titrirung des Zuckers äusserst beschwerlich, wenn nicht unmöglich, machen. Albumin findet sich aber nach mannigfachen Erfahrungen sehr selten in grösserer Menge in zuckerhaltigem Harne. Wenn Albuminurie bei Diabetikern vorkommt, ist der Eiweissgehalt in der Regel gering; in den quantitativen Bestimmungen, welche wir gelegentlich ausgeführt, überstieg er nicht 0.2 % — 0.21 %; sehr häufig ist er so unbedeutend, dass er sich der quantitativen Bestimmung entzieht. Die praktisch wichtige Frage wird daher nur die sein, ob man den Zuckergehalt in Harnen, die weniger als 0.2 % Eiweiss enthalten, direct titriren kann. Es ist diese Frage nicht ganz ohne

1) Dass das Eiweiss auf diese Weise einen Theil des Metallsalzes in der Titrirflüssigkeit der Einwirkung des Zuckers entziehen sollte, ist jedoch von vorn herein nicht wahrscheinlich, da die Affinität des Eiweisses zu diesen Metalloxyden kaum so bedeutend ist, dass sie die reducirende Wirkung des Zuckers auf dieselben zu hemmen vermöchte.

Digitized by Google

Bedeutung, wenn es sich um rasche Arbeit handelt, denn das Entfernen des Eiweisses ist mit Zeitaufwand verbunden, und man ist desshalb oft versucht, die Analyse auszusetzen. Ein solcher Aufschub ist bei albuminhaltigen Harnen nicht anzurathen, da nach unseren Erfahrungen der Zuckergehalt in solchen schneller als in anderen abnimmt.

Wir haben daher eine Reihe Versuche mit albuminhaltigen Zuckerharnen von Diabetikern und Wöchnerinnen angestellt. Sie enthielten niemals mehr als 0.2 % Eiweiss. Die Analysen wurden sowohl nach der Knapp'schen als nach der Fehling'schen Methode ausgeführt, theils der Controle halber, theils weil man sich die Möglichkeit denken konnte, dass die Methoden auch hier eine Verschiedenheit zeigen würden. In den Versuchen, die in der Tabelle 3 zusammengestellt sind, wurde der Zuckergehalt zuerst direct und dann nach dem Entfernen des Eiweisses titrirt. Das Eiweiss wurde durch Kochen und Zusatz einiger Tropfen verdünnter Essigsäure (a), in einigen Fällen auch durch Kochen mit Essigsäure (bis zur stark sauren Reaction zugesetzt) und einem dem des Harnes gleichen Volumen gesättigter Lösung von schwefelsaurem Natron (b) ausgefällt.

Tab. 3.

	Albumingehalt		Zuckergehalt nach der Methode von Fehling		Knapp	
	nach (a) bestimmt.	nach (b) bestimmt.	vor dem Entfernen des Eiweisses.	nach dem Entfernen des Eiweisses.	vor dem Entfernen des Eiweisses.	nach dem Entfernen des Eiweisses.
J. E.	0.138 %	0.12 %	3.89 %	(a) 3.90 % (b) 3.90 %	3.47 %	(a) 3.77 % (b) 3.80 %
J. E.	0.14 %		2.91 %	(a) 2.80 %	2.20 %	(a) 2.20 %
S. H.	0.155 %		2.08 %	(a) 2.08 %	2.17 %	(a) 2.27 %
S. H.	0.17 %		1.56 %	(a) 1.54 %	1.56 %	(a) 1.56 %
J. E.	0.175 %	0.165 %	4.35 %	(a) 3.97 % (b) 3.80 %	3.75 %	(a) 3.70 % (b) 3.70 %
S. H.	0.185 %	0.16 %	4.30 %	(a) 4.20 % (b) 4.20 %	4.00 %	(a) 4.00 % (b) 3.85 %
O. K.	0.2 %		0.68 %	0.73 %	0.69 %	0.66 %
J. A.	deutliche, aber kaum bestimmbare Spuren.		0.81 %		0.66 %	
M. O.	unbedeutende Spuren.		2.50 %		2.40 %	
M. O.	Spuren.		2.94 %		2.50 %	
M. O.	Spuren.		3.08 %		2.84 %	
J. E.	wahrscheinlich ca. 0.15 %		3.53 %		2.78 %	
S. H.	0.168 % nach (a) bestimmt.		2.50 %		2.40 %	
S. H.	0.168 % nach (a) bestimmt.		2.75 %		2.70 %	

Digitized by Google

Die Resultate zeigen geringe Unterschiede vor und nach der Ausfällung des Eiweisses. Wenn man nicht reichliche Zeit hat, oder wo es nicht absolut genaue Resultate gilt, kann es daher von praktischem Standpunkte aus in der Regel als unnöthig angesehen werden, das Eiweiss auszufällen, wenn der Gehalt desselben weniger als 0.2 % beträgt. Obgleich also die Resultate vor und nachher ziemlich übereinstimmen, ist doch ein Unterschied bei der Leichtigkeit der Ausführung zu bemerken. Die Titrirung des albuminhaltigen Harns wird nämlich erschwert, je näher man 0.2 % kommt. Bei der Anwendung der Fehling'schen Flüssigkeit enthält das Filtrat dann mehr Kupferoxydul[1]) als sonst und das gefällte Kupferoxydul scheint sich langsamer abzusetzen, so dass die Titrirung weniger genau wird und länger dauert. Bei der Anwendung der Knapp'schen Flüssigkeit wird die Titrirung ebenfalls verzögert, wenn der Eiweissgehalt sich 0.2 % nähert, weil dann das Quecksilber sich schwierig absetzt, aber weniger genau wird die Bestimmung darum eigentlich nicht. Die Knapp'sche Flüssigkeit ist also auch in dieser Hinsicht im Vortheil.

Wir erhielten aber die Ueberzeugung, dass 0.2 % die Grenze sein müsste und wurden in derselben durch Experimente bestärkt, die wir mit Harnen von grösserem Eiweissgehalte ausführten. Diese wurden mit einer Lösung von Traubenzucker im normalen Harne gemischt und die Mischungen enthielten eine so grosse Menge Zucker, dass sie jedenfalls nach der Entfernung des Albumins mit grosser Leichtigkeit mit Hülfe der Fehling'schen Flüssigkeit hätten titrirt werden können.

Einem 1.75 % Eiweiss enthaltenden Harne wurde so viel Traubenzucker zugesetzt, dass sein Gehalt 2 % betrug. Beim Mischen desselben in verschiedenen Verhältnissen mit einem normalen Harne, der durch Zuckerzusatz gleichfalls auf 2 % gebracht war, wurden Harnflüssigkeiten von verschiedenem Eiweissgehalt (resp. 1.751, 0.785, 0.393, 0.3, 0.2, 0.175 %), alle aber 2 % Zucker enthaltend, dargestellt. Es zeigte sich nun, dass alle unverdünnten

1) Bekanntlich erhält man, wenn das Filtrat kupferoxydulhaltig ist, nach dem Zusatz von Essigsäure und Ferrocyankaliumlösung eine hellviolette Fällung, welche sich nach einiger Uebung von dem braunrothen Niederschlage, welcher bei der Anwesenheit von Kupferoxyd im Filtrate entsteht, in der Regel unterscheiden lässt. Die Gegenwart von Albuminkörpern (in der sauren Flüssigkeit) schien nicht die Empfindlichkeit dieser Reaction zu beeinträchtigen.

Digitized by Google

Harne, sogar der nur 0.175% Eiweiss enthaltende, sich mit der Fehling'schen Flüssigkeit nicht titriren liessen. Wurden dagegen die Harnmischungen mit Wasser auf das Zehnfache verdünnt, verhielten sie sich je nach dem Eiweissgehalte verschieden; bei 0.393% oder mehr Eiweiss enthielt das Filtrat nach der Reduction noch suspendirtes Kupferoxydul(hydrat), obschon in viel geringerer Quantität als vor dem Verdünnen (besonders war dies auffällig bei 0.393% Eiweiss). Bei den 0.3 resp. 0.2% Eiweiss enthaltenden Harnen war nach der Titrirung das Filtrat zwar vom suspendirten Kupferoxydul(hydrat) vollständig frei, enthielt aber noch Kupferoxydul in Lösung. Bei 0.175% Eiweiss war das Filtrat sowohl von suspendirtem als gelöstem Kupferoxydul ganz frei. Bei letzterem Eiweissgehalt wurde eben dasselbe Resultat nach dem Verdünnen auf das Fünffache erzielt; dagegen ging bei einer nur vierfachen Verdünnung noch Kupferoxydul in das Filtrat über. Augenfällig war also der Einfluss der Verdünnung auf die Abscheidung des Kupferoxyduls bei diesen albuminhaltigen Harnen.

Die Titrirung der unverdünnten Harne war auch hier wie überhaupt mittelst der Knapp'schen Flüssigkeit nicht möglich; die auf das 10fache verdünnten Harne liessen sich dagegen, des Eiweissgehaltes ungeachtet, mit gut stimmenden Resultaten nach dieser Methode titriren; nur dauerte es, besonders bei grösseren Eiweissgehalten, lange (Stunden lang), ehe das Quecksilber sich so absetzte, dass eine klare Flüssigkeit zur Endreaction erhalten werden konnte.

Aus diesen Versuchen erhellt, dass, wenn der Eiweissgehalt 0.175% übertrifft, das Filtrat nach der Bestimmung mit der Fehling'schen Lösung Kupferoxydul enthalten wird, mag man auch eine 10%ige Harnmischung anwenden. Bei einem Eiweissgehalt von mehr als 0.2% ist die Titrirung mittels der Fehling'schen Flüssigkeit überhaupt unmöglich, nicht nur, weil Kupferoxydul in das Filtrat übergeht, sondern auch, weil in der, so zu sagen, zäheren Flüssigkeit das ausgefällte Kupferoxydul suspendirt bleibt, so dass man nicht einmal die Entfärbung beurtheilen kann. Mit der Knapp'schen Flüssigkeit wird die Titrirung, wenn der Eiweissgehalt 0.175% übersteigt, bedeutend verzögert, wesshalb bei einem Eiweissgehalt von mehr als 0.2% es auch hier nöthig ist, das Eiweiss vor der Titrirung zu entfernen. Doch ist die Titrirung mit der Knapp'schen Flüssigkeit, auch wenn der Eiweissgehalt mehr als 0.2% beträgt, nicht gerade unmöglich, sondern verursacht nur einen grossen Zeitverlust, da das Quecksilber erst nach langem Stehen so vollständig zu Boden sinkt, dass man eine klare Flüssigkeit zur Endreaction erhalten kann.

Digitized by Google

Der schädliche Einfluss des Eiweisses auf die Titrirung besteht also darin, dass es das Absetzen des Quecksilbers erschwert und die Ausfällung des Kupferoxyduls verhindert, indem das letztere theils in Lösung, theils fein suspendirt erhalten wird. Andere ungünstige Wirkungen der Gegenwart desselben haben wir nicht bemerken können.

Das Resultat dieser Versuche dürfte für die Bestimmung des Zuckers in thierischen Flüssigkeiten überhaupt ein gewisses allgemeines Interesse haben. Man hat nicht selten mit Extracten verschiedener Gewebstheile zu thun, welche bloss Spuren von Eiweiss, die sich nur auf Umwegen entfernen lassen, enthalten. Aus diesen unseren Beobachtungen darf vermuthet werden, dass man in der Regel nicht nöthig habe, mit scrupulöser Sorgfalt jene Spuren vor der Titrirung zu entfernen.

§ 2. Die Titrirung des Traubenzuckers in thierischen Flüssigkeiten überhaupt.

Wir haben im Vorhergehenden zu wiederholten Malen hervorgehoben, dass sowohl die Fehling'sche als die Knapp'sche Methode nicht den Zuckergehalt des Harns im strengeren Sinne, sondern die Menge der sämmtlichen reducirenden Substanzen angiebt.

Da es nun gerade der Zucker ist, den man bestimmen will, muss folgende Frage in den Vordergrund treten: mit welchem Grade von Genauigkeit entspricht die im Harne bei der Titrirung gefundene Zuckermenge der in demselben wirklich enthaltenen? Man kann, da der Harn (neben dem Zucker) immer reducirende Stoffe enthält, mit aller Bestimmtheit sagen, dass der auf diese Weise gefundene Zuckergehalt zu gross ist; es gilt nun die Grösse des Fehlers zu erfahren. In dieser Absicht haben wir die Menge der übrigen reducirenden Körper im Harne zu ermitteln gesucht. Aus den bisherigen Untersuchungen scheint es, als ob dieselbe bedeutend variiren kann. Die Versuchstabelle Nr. 2 (Seite 576) über Harne von geringem Zuckergehalt zeigt, dass es Harne geben muss, in welchen die Menge der reducirenden Substanzen nicht 0.1% (nach dem Reductionsvermögen des Zuckers berechnet) erreicht, indem bei Nr. 19 (M. A.) die bei der Titrirung gefundene Menge sämmtlicher reducirenden Substanzen nur 0.087% betrug. Oft aber ist das Quantum viel

Digitized by Google

grösser. Aus den Versuchen, die wir bisher mit ganz zuckerfreien normalen Harnen ausführten, geht hervor, dass 0.1% eine sehr häufige Zahl ist, ebenso 0.2%; es kann aber bisweilen sogar 0.3 ja 0.37% vorkommen. Indem wir uns eine genauere Darlegung unserer Erfahrungen über die Menge dieser Körper und die Schwankungen derselben z. B. ihre Abhängigkeit von animalischer und vegetabilischer Kost, vorbehalten, wollen wir uns hier darauf beschränken, hervorzuheben, dass sogar 0.3% des auf diesem Wege gefundenen Zuckergehaltes von anderen reducirenden Körpern herrühren kann. Obgleich eine solche Abweichung keine geringe ist, wird sie jedoch im Allgemeinen vom praktischen Gesichtspunkte aus keine eigentliche Bedeutung haben, wenn es grössere Zuckermengen als 1% gilt; bei geringeren Zuckermengen aber, besonders wenn sich der gefundene Gehalt kleiner als 0.5% zeigt, ist es auch in Praxis von Wichtigkeit zu erinnern, dass ein nicht geringer Theil des gefundenen Procentgehaltes sich von anderen Stoffen herschreiben kann; das Hauptinteresse für den Arzt wird dann darin bestehen, völlige Sicherheit über das wirkliche Vorhandensein des Zuckers zu erhalten. Vom exacten wissenschaftlichen Standpunkte aus, einem tiefergehenden Studium und genauen Bestimmungen gegenüber, ist eine so grosse Abweichung in jedem Falle von Gewicht. Man muss sie vor Augen haben, wenn man die Bestimmungen durch Titrirung und nach der Circumpolarisationsmethode vergleichen will, ferner bei Untersuchungen über die Assimilationsfähigkeit der Diabetiker für gewisse Kohlehydrate, Rohrzucker, Stärke etc. Es hat sowohl wissenschaftliches als praktisches Interesse Ernährungsversuche in dieser Richtung mit Diabetikern anzustellen. Man berechnet die Menge Traubenzucker, die von den eingeführten Kohlehydraten entstehen kann, und kann nun mittelst Titrirung die im Harne enthaltene Zuckermenge bestimmen. Man muss aber sehr vorsichtig sein, wenn man ein solches Rechenexempel aufstellen und daraus zu bestimmte Folgerungen ziehen will, und zwar aus vielen Gründen. Hier ist nur hervorzuheben, dass die Menge der übrigen reducirenden Stoffe, besonders wenn der Zuckergehalt sehr klein ist, bei der Beurtheilung nicht ausser Acht gelassen werden darf.

Diese Erfahrung fordert überhaupt zu Vorsicht bei Angaben über den Zuckergehalt in thierischen Flüssigkeiten mittelst Titrirungen auf. Es gab eine Zeit, als man besonders

Digitized by Google

auf Basis der Untersuchungen Brücke's glaubte, dass der normale Harn stets Zucker enthalte, und diese Ansicht wurde von hervorragenden physiologischen Chemikern, z. B. Kühne, acceptirt. Aus der Darstellung Kühne's erhellt, dass er sich wohl bewusst war, dass gewisse Harnbestandtheile (Harnsäure, Kreatinin und ausserdem ein Stoff, der unter den unbekannten Extractivstoffen enthalten sein sollte) Kupferoxyd in alkalischer Lösung reduciren. Allein dessungeachtet giebt er eine bestimmte Menge Zucker im normalen Harne an; S. 517 in seinem Lehrbuche der physiologischen Chemie sagt er: „die Menge des Zuckers im normalen Harne beträgt ungefähr 0.1 %, so dass also der Mensch im Tage mehr als 1 grm. Zucker durch die Nieren ausscheiden kann". Wir haben bei Kühne keine Angabe über die Methode gefunden, mittelst welcher er zu diesem Resultate gelangt ist; selbstverständlich ist es weder durch Circumpolarisation oder Gährung erzielt, und man kann sich nur vorstellen, dass er es mittelst annähernden Titrirens mit der Fehling'schen Flüssigkeit (entweder direct oder nach dem Entfernen der Harnsäure) erhalten hat. Es ist dies aller Wahrscheinlichkeit gemäss der Fall, denn wenn man einen normalen Harn titrirt, erhält man häufig einen Gehalt an reducirenden Körpern, der 0.1 % (als Zucker berechnet) nahe kommt. Gegenwärtig hat diese Zahl keine Bedeutung mehr im Sinne Kühne's, nachdem wir wissen, dass der normale Harn Zucker entweder gar nicht oder jedenfalls in kleinerer Menge als 0.01 % enthält (Seegen l. c. S. 230 u. 239). Es lehrt uns aber, dass wir die mittelst der Titrirung gefundenen geringen Werthe in thierischen Flüssigkeiten nicht ohne weiteres als Zuckergehalte verwerthen können. Cl. Bernard hat die Zuckermenge in dem von Eiweiss befreiten Blute aus verschiedenen Gefässprovinzen mittelst der Fehling'schen Flüssigkeit titrirt; Pavy und viele andere haben auch solche Bestimmungen ausgeführt. Die so gefundenen Zahlen werden gewöhnlich ganz einfach als die Zuckermenge repräsentirend verglichen. Es ist dies unrichtig. Sie dürfen nur als Gehalt an reducirenden Substanzen nach dem Reductionsvermögen des Zuckers berechnet, angeführt werden. Es ist dies nöthig, so lange man nicht einmal mit Sicherheit weiss, ob der Zucker wirklich die überwiegende Menge derselben bildet.

Der Eine von uns hat im Anfange Mai 1877 mit Beihülfe des Herrn

Digitized by Google

stud. chem. Schmelck aus verschiedenen Muskeln (psoas, iliacus internus, quadratus lumborum und den äusseren Abdominalmuskeln) eines Diabetikers einen alkoholischen Auszug bereitet. Es wurde der Alkohol abdestillirt, der Rückstand in Wasser gelöst, mit Thierkohle entfärbt und die Kohle mehrmals mit Wasser ausgewaschen. Die Gesammtmenge der Flüssigkeit betrug nach Concentration 200 ccm. Dann wurde sie titrirt. Damals kannten wir die speciellen Vorzüge der Knapp'schen Methode noch nicht und beschränkten uns desshalb auf die Titrirung nach Fehling. Es trat Reduction ein, das Filtrat enthielt aber sowohl gelöstes als fein suspendirtes Kupferoxydul(hydrat). Obgleich keine Endreaction zu erhalten war, mussten wir nach der Entfärbung folgern, dass die Flüssigkeit wenigstens 0.69% enthielte. Und dennoch zeigte der Circumpolarisationsapparat keine Drehung (oder Spuren nach links); es gelang nicht eine charakteristische Zuckerreaction zu erhalten mittelst der im hiesigen Institute angewandten Modification der Trommer'schen Probe, welche zutrifft, selbst wenn der Harn nur 0.05% Zucker oder noch weniger enthält. Um zur Gewissheit darüber zu kommen, ob in dieser Flüssigkeit Zucker wirklich vorkäme, wurde sie wieder vorsichtig beinahe zur Trockne eingedampft, mit kochendem Alkohol (90%) im aufsteigenden Kühler eine halbe Stunde behandelt und filtrirt; es wurde der Alkohol abdestillirt, der Rückstand in Wasser gelöst und abermals mit Thierkohle entfärbt. Die so erhaltene Flüssigkeit, die viel concentrirter als die ursprüngliche war, indem sie nur 100 ccm. betrug, zeigte im Polarisationsapparate gar keine Drehung, wirkte reducirend, gab aber keine Zuckerreaction mittelst der Trommer'schen Probe. — In ähnlicher Weise wurden alkoholische Lungen- und Gehirnextracte dargestellt, der Alkohol abdestillirt, die Rückstände in Wasser gelöst. Das Volum des Lungenauszugs betrug 100 ccm., es ergab bei Titrirung mit der Fehling'schen Flüssigkeit 0.39%. Auch hier waren keine Spuren von Zucker nachzuweisen. — Der Gehirnauszug betrug nach Auflösung in Wasser 330 ccm. Die Reduction war hier viel undeutlicher; es trat blos eine schmutzig grünliche Färbung ein, wie bei der Titrirung von schwach reducirendem, normalem Harne mittelst der Fehling'schen Flüssigkeit, und Spuren fein suspendirten, gelben Kupferoxydulhydrats waren nicht nachzuweisen. Dagegen traten in der Flüssigkeit gelbe, metallglänzende, dünne Blättchen von der Länge einiger (3—4) Millimeter auf, die zu Boden sanken und wahrscheinlich eine Kupferoxydulverbindung waren. Bei annähernder Titrirung nach Fehling, war die Menge der reducirenden Substanzen auf 0.58% zu veranschlagen. Um eine Spur von Zucker nachzuweisen, wurden alle Cautelen beobachtet; die Flüssigkeit wiederholt zur Trockne eingedampft, mit 90%igem Alkohol digerirt, filtrirt, das Filtrat in Wasser gelöst und dieses Verfahren mehrfach wiederholt. Die concentrirte wässrige Lösung zeigte sich bei der Circumpolarisation indifferent; die Fehling'sche Flüssigkeit wurde entfärbt; es kam aber nicht die für Zucker charakteristische Ausfällung von Kupferoxydul(hydrat). — Dagegen zeigte sich die reducirende Substanz des Leberextractes als Zucker.

Digitized by Google

Würde man nun ohne weiteres die Menge der reducirenden Substanzen, die in jenen Auszügen enthalten waren, als 0.69% resp. 0.39%, 0.58% Zucker angeben, würde man einen grossen Fehler machen; denn sie enthielten keine nachweisbare Spur von Zucker.

Man hat stets ein Gefühl davon gehabt, dass die Bestimmung mittelst der Fehling'schen Flüssigkeit in Chylus, Lymphe, Blut u. s. w. keinen genauen Ausdruck für den Zuckergehalt derselben gewährt, warum hat man sich aber oft nicht klar gemacht. Man hat geglaubt die Schuld darauf schieben zu können, dass die Titrirung nicht mit Schärfe die Menge des gebildeten Kupferoxyduls anzeigt, so dass es nöthig wird, dasselbe auf andere Weise zu bestimmen. Pavy[1]) (und in ähnlicher Richtung vor ihm Abeles) hat die Genauigkeit der Bestimmung dadurch zu vergrössern versucht, dass er nur ganz kurze Zeit (1 Minute) die vom Eiweiss befreite thierische Flüssigkeit mit der Fehling'schen Lösung (im geringen Ueberschuss) kocht, dann das ausgeschiedene Kupferoxydul durch Asbest oder Glaswolle abfiltrirt, dieses mittelst Wasserstoffhyperoxyd und Salpetersäure oxydirt und die Menge des Kupfers in der so erhaltenen Lösung von salpetersaurem Kupferoxyd durch Ausfällen mittelst des galvanischen Stroms bestimmt. Diese anscheinend genauere Bestimmungsweise des Kupfers trifft aber nicht den Kern der Sache; es liegt nicht dieser in der grösseren oder geringeren Genauigkeit der Bestimmung mittelst der Fehling'schen Flüssigkeit, sondern in dem Umstand, dass neben dem Zucker im Blutserum wahrscheinlich andere reducirende Substanzen enthalten sind. Wir können wohl „sicher" sagen, da im Harne, dem wichtigsten Excrete solche in grösserer Menge vorkommen. Wir haben sie so eben in den obengenannten Extracten nachgewiesen; es ist ausserdem bekannt, dass das Blutserum unter pathologischen Verhältnissen, z. B. Gicht, nachweisbare Spuren von Uraten enthalten kann.

Hat man die Absicht die Bestimmung des Zuckers im wesentlichen Grade zu verbessern, so muss man suchen denselben möglichst zu isoliren und besonders zu bestimmen. Hierauf haben bereits vor vielen Jahren mehrere Physiologen, namentlich C. G. Lehmann, aufmerksam gemacht. So sagt Lehmann in seiner

1) F. W. Pavy. Eine neue Methode um die Quantität des Zuckers im Blute zu bestimmen. Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften. XV. Jahrgang. J. 1877. Nr. 33. S. 596—597.

Digitized by Google

Abhandlung. „Einige vergleichende Analysen des Blutes der Pfortader und der Lebervenen“ [1]): „Ich bemerke hier nur in Bezug auf die Zuckerbestimmung, dass ich aus dem alkoholischen Auszuge des Blutrückstands durch eine frisch bereitete alkoholische Kalilösung den Zucker fällte, das Präcipitat in weinsäurehaltigem Wasser löste und entweder im Fresenius-Will'schen Apparate mit Hefe in Gährung versetzte oder mittelst der Fehling'schen Kupferprobe bestimmte.“

Wenn man sich dieses klar vor Augen gestellt hat, wird es zugleich nicht zweifelhaft sein, dass Modificationen der Fehling'schen Methode nicht zu einer wesentlichen Verbesserung in der Bestimmung der reducirenden Substanzen in diesen Flüssigkeiten dienen können. Wissen wir ja, dass der Harn nicht nur Stoffe enthält, die das Kupferoxyd reduciren, sondern auch solche, die eine Ausfällung des Kupferoxyduls verhindern, so dass gelöstes oder fein suspendirtes Kupferoxydul(hydrat) durch das Filter geht. Jene Gehirn-Lungen- und Muskelextracte des Diabetikers enthielten eine grosse Menge solcher Substanzen. Es ist somit wahrscheinlich, dass von Eiweiss befreite thierische Flüssigkeiten (Blut, Chylus, Lymphe u. s. w.) gewöhnlich Substanzen von ähnlichen Eigenschaften enthalten. Desshalb vermuthen wir mit Bestimmtheit, dass der auf dem glaswollenen Filter (in den Bestimmungen Pavy's) gesammelte Niederschlag nicht die Gesammtheit des Kupferoxyduls darstelle. Zur Gewissheit hierüber zu kommen ist nach der Methode Pavy's unmöglich, da er die Fehling'sche Flüssigkeit in Ueberschuss anwendet, so dass das Filtrat jedenfalls Kupfer enthalten muss. Mit anderen Worten: vom physiologischen Standpunkte kann dieser Modification der Fehling'schen Methode in keiner Hinsicht irgend ein wesentlicher Vorzug bei der Bestimmung beigelegt werden.

Auf Basis unserer Erfahrungen glauben wir aber die Ansicht aussprechen zu dürfen, dass die Knapp'sche Flüssigkeit im Allgemeinen ihre grosse Ueberlegenheit zeigen wird, wo es eine genaue Bestimmung der reducirenden Substanzen in thierischen Flüssigkeiten überhaupt gilt.

1) Lehmann. Berichte über die Verhandlungen der königl. sächs. Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig. Mathemat.-physische Classe 1850. S. 139. — Cfr. auch Lehmann: Lehrbuch der physiologischen Chemie. 2. Auflage. Bd. 1. J. 1853. S. 265 und S. 269.

Digitized by Google

In jedem Falle muss man stets daran denken, dass es viele andere Substanzen ausser dem Zucker giebt, welche die Reduction bewirken können. Wir glauben daher diese Abhandlung nicht auf entsprechendere Weise beenden zu können, als dadurch, dass wir aus dem Berichte, welcher von Pelouze, Rayer und Dumas in Bezug auf die Untersuchungen von Figuier, Poggiale und Leconte über den Zuckergehalt des Blutes der Akademie der Wissenschaften zu Paris seiner Zeit abgestattet wurde, folgende Bemerkungen hervorzuhehen: „Les recherches sur ce sujet important n'ont pourtant pas tout appris sans doute, et nous dirons ici à ceux qui voudront s'en occuper, qu'on ne doit pas accorder une confiance trop complète à des réactions semblables à celles qu'on obtient avec la dissolution de tartrate de cuivre dans la potasse. Tous ces phénomènes de coloration, de réduction produits par des matières organiques, sont trompeurs et incertains. Lorsqu'on ne peut pas isoler le sucre en nature, il faut au moins s'assurer de sa présence“ . . . (Comptes rendus des séances de l'Academie des sciences, 1855, t. XL, Nr. 25, 18 juin.)

Digitized by Google

Untersuchungen über den Austritt und Eintritt von Stoffen (Transsudation und Diffusion) durch die Wand der Haargefässe.

Von

Hermann Nasse
in Marburg.

Die Lösung der wichtigsten Probleme, welche den Austritt und den Eintritt von Stoffen, namentlich von Wasser und Kochsalz, durch die Wand der Haargefässe bei kreisendem Blute betreffen, hat mich seit langer Zeit beschäftigt, und eine grosse Reihe von Versuchen sind zu diesem Zwecke von mir angestellt worden. Nur Einzelnes habe ich bis jetzt davon veröffentlicht; es ist aber hohe Zeit, dass ich zur Verarbeitung des Materials schreite, denn immer zahlreicher werden die Arbeiten anderer Forscher über dieselben Fragen, die ich aufzuklären mich bemüht habe, z. B. über die Folgen der Blutüberfüllung, Blutentziehung, Wasserinfusion, über Entstehung des Oedems, und es sind zum Theil ganz dieselben Versuche beschrieben worden, wie ich sie schon längst angestellt habe, so dass mir oft nicht viel mehr übrig bleibt, als die Ergebnisse, welche Andere gewonnen haben zu bestätigen. Indessen wird sich vielleicht doch noch in Einzelnem finden, dass ich nicht ganz vergeblich gearbeitet habe. — Was mich in der letzten Zeit abgehalten hat den Anfang mit der Veröffentlichung zu machen, war der Umstand, dass ich immer mehr einsah, ich müsse, um einige Vorgänge bei der Transsudation erklären zu können, erst die Gesetze in Betreff der Diffusion zwischen Blutkörperchen und Blutwasser genauer kennen lernen. Hier trat nun mittlerer Weile eine Verzögerung ein durch intercurrente Arbeiten. Nunmehr aber beabsichtige ich in einer Reihe von einzelnen Abhandlungen über die genannten Vorgänge meine Versuche zu verwerthen und ich mache jetzt den Anfang mit denjenigen, welche der jüngsten Zeit angehören.

Digitized by Google

I. Versuche über Diffusion zwischen Blutkörperchen und Blutwasser.

Dass die Blutkörperchen bei der Verdünnung des Blutes mit Wasser aufquellen, bei Zusatz von Kochsalz zusammenschrumpfen, ist längst bekannt, aber die Gesetze, nach welchen die Aufnahme und Abgabe von Wasser geschieht, sind meines Wissens noch nicht genügend erforscht. Der Austausch mit dem umgebenden Serum erfolgt unter Verhältnissen, die abweichend sind von denen einer freien Diffusion eines festen löslichen oder gelösten Stoffes in Wasser oder einer Membrandiffusion, wo eine Lösung reinem Wasser gegenübersteht, denn er ist abhängig von der Anwesenheit der übrigen Bestandtheile der Blutkörperchen und des Blutwassers. Im Voraus lässt er sich nicht berechnen. Fehlt es doch bis jetzt noch gar sehr an Untersuchungen über die Modificationen, welche bei freier oder Membrandiffusion von zwei mehrere Stoffe zugleich enthaltenden Lösungen der Austausch durch die Affinitäten der verschiedenen Substanzen zu einander erleidet. Experimente, durch welche in jedem einzelnen Falle die Gesetze bestimmt werden, sind hier unerlässlich.

Es sind nur Anfänge von Untersuchungen zur Lehre von der Diffusion zwischen Blutkörperchen und Serum, die ich hier mittheile. Sie behandeln bloss die drei Verhältnisse:

a) den Austausch bei Wasserzusatz,
b) bei Kochsalzzusatz und
c) die Wirkung der Kohlensäure und des Sauerstoffs auf den Austausch von Wasser und Kochsalz.

Zu diesen Versuchen wurde theils noch ungeronnenes Blut benutzt, zu dem ein Zusatz gemacht wurde, theils solches defibrinirtes, dessen Blutkörperchen von dem Serum von selbst sich vollständig trennten. Diese Eigenschaft besitzt das Blut der Pferde, während das der anderen Haussäugethiere zu solchen Versuchen ganz unbrauchbar ist.

A. Die Wirkung des Zusatzes von Wasser.

Den zwei Versuchsreihen, in denen Wasser einem Blute vor der Gerinnung zugesetzt wurde, schicke ich die Darlegung der Methode voraus, nach welcher die Vertheilung des Wassers berechnet wurde. Als Elemente dazu dienten folgende direct gewonnenen Werthe:

Digitized by Google

a) von einer Portion desselben Blutes, zu der kein Wasser gegossen war:

1) das Verhältniss von Serum (s) zum Cruor (cr),

2) die Menge der festen Bestandtheile (f) in 1000 Th. Blutwasser,

b) von dem mit Wasser verdünnten Blute:

1) die Menge des in 1000 Th. Blut enthaltenen Zusatzes (z),

2) die Menge der festen Bestandtheile (f') in 1000 Theilen des nach der Gerinnung abgeschiedenen Blutwassers.

In Betreff der Bestimmung der festen Bestandtheile muss ich erwähnen, dass in allen Versuchen, welche in dieser Abhandlung beschrieben werden, das Eintrocknen stets bei 100° C. im Luftbade geschah und so lange fortgesetzt wurde, bis die binnen mehreren Stunden erfolgte Gewichtsabnahme ganz unbeträchtlich ward.

Ausserdem war der Gehalt an Kochsalz in 1000 Th. des unverdünnten Blutwasser (k) der des verdünnten (k') bestimmt.

Die Verwendung dieser Elemente war folgende:

Zuerst wird aus a_1 und b_1 berechnet, wie viel das Serum (s') und der Cruor (cr') in dem Gemisch betrugen: $s' = \frac{s(1000-z)}{1000}$.

Sodann wird ermittelt, um wie viel s' an Wasser zugenommen hatte. Die Zunahme für 1000 Theile war $\frac{1000(f-f')}{f'}$ gewesen, also für s' betrug die Zunahme (a) jetzt $\frac{s'(f-f')}{f'}$. Der Cruor hatte folglich um $z-a$ $(= b)$ an Wasser zugenommen.

Daraus wird dann drittens die Vertheilung des im Blut enthaltenen Zusatzes an Wasser bestimmt, $\frac{100a}{z}$ und $\frac{100b}{z}$, so wie ferner ein zur Vergleichung für die einzelnen Versuche geeigneter Werth die von 100 Theilen Cruor aufgenommene Wassermenge $\left(\frac{100b}{cr'}\right)$.

Zu dem Versuche, in welchem der Gehalt des Serums an Kochsalz festgestellt worden war (k und k'), gab dann die Formel $\frac{k'(s'+a)}{1000} - \frac{ks'}{1000}$ die Menge Kochsalz an, welche von den Blutkörperchen an das Serum abgegeben war, die nun auf 100 Theile Cruor bezogen wurde.

Digitized by Google

Das zur Untersuchung benutzte Blut war bei dem ersten Pferde der vena jugularis ext. entnommen, bei dem zweiten aus dem im Leben angestochenen Herzen. Beide Thiere waren alt und mager. Das Blut gerann in beiden Fällen sehr langsam. Das Blutwasser hatte bei Pferd A eine stark gelbe Färbung, eine nur schwache bei B.

Versuch 1 (Pferd A).

Die Werthe des unverdünnten Blutes waren:

1) $s = 600$ und $cr. = 400$, wobei ich freilich für dies Blut bemerken muss, dass diese Zahlen nicht ganz genau sind, weil sie nicht in einem geschlagenen, sondern in einem geronnenen Blute bestimmt wurden, indessen sind sie doch annähernd richtig.

2) $f = 90{,}2$

Der Zusatz von Wasser erfolgte zu 2 Portionen (Nr. 1 und Nr. 2).

No. 1.

$z = 81{,}65$, $f' = 80{,}4$

Berechnete Werthe:

1) $s' = 550{,}99$

2) $a = 67{,}11$, $b = 14{,}54$

3) $67{,}11 : 14{,}54 = 82{,}2 : 17{,}8$

4) $\frac{100b}{cr'} = 3{,}95.$

No. 2.

$z = 119{,}06$, $f' = 76{,}4$

Berechnete Werthe:

1) $s' = 528{,}59$

2) $a = 95{,}46$, $b = 23{,}56$

3) $95{,}46 : 23{,}56 = 80{,}2 : 19{,}5$

4) $\frac{100b}{cr'} = 6{,}67.$

Die Farbe des Blutwassers in beiden Portionen war durchaus keine andere als die des unverdünnten Blutes. Unter dem Mikroskope zeigten sich in No. 2 indessen einige Blutkörperchen blasser als vor der Verdünnung.

Versuch 2 (Pferd B).

Das geschlagene Blut hatte ein specifisches Gewicht von 1051,81 bei 15° C., einen Wassergehalt von 824,1 p. m. Die Blutkörperchen senkten sich in dem geschlagenen Blute sehr rasch.

Digitized by Google

Nachdem das Absetzen vollständig erfolgt war, zeigte der sorgfältig herausgeschobene Cruor ein specifisches Gewicht von 1093,2 und einen Wassergehalt von 656,3 p. m..

Das Gewichts-Verhältniss des Blutwassers zu den Blutkörperchen war 644 : 356.

Das Blutwasser von 1026,3 sp. G. enthielt 77,3 p. m. feste Bestandtheile (f).

Kochsalz im Blutwasser 5,80 p. m..

Es wurden mit dem frischen Blute 3 verschiedene Mischungen vorgenommen.

No. 1.

$z = 53{,}7$, $f' = 71{,}7$ (sp. G. d. S. = 1024,6)

Berechnete Werthe:

1) $s' = 609{,}4$
2) $a = 45{,}88$, $b = 7{,}8$
3) $45{,}88 : 7{,}8 = 85{,}5 : 14{,}5$
4) $\frac{100b}{cr'} = 2{,}31$

Das Blutwasser war nicht ganz so klar und hellgefärbt wie das normale.

Nr. 2.

$z = 102{,}9$, $f' = 66{,}8$

Berechnete Werthe:

1) $s' = 577{,}73$
2) $a = 89{,}07$, $b = 13{,}83$
3) $89{,}07 : 13{,}83 = 86{,}56 : 13{,}44$
4) $\frac{100b}{cr'} = 4{,}30$

Das Blutwasser war, nachdem das Senken der Blutkörperchen vollständig geworden, etwas röthlich gefärbt und etwas trübe, was möglicher Weise die Folge davon war, dass der Zusatz von Wasser zu rasch und ohne die erforderliche Bewegung des Blutes gemacht worden war, so dass einige Blutkörperchen stärker als die andern vom Wasser getroffen wurden.

Nr. 3.

$z = 141{,}1$, $f' = 63{,}5$

Berechnete Werthe:

1) $s' = 553{,}1$
2) $a = 118{,}4$, $b = 22{,}7$

Digitized by Google

3) $118{,}4 : 22{,}7 = 83{,}92 : 16{,}08$

4) $\frac{100b}{cr'} = 7{,}42$

Das Blutwasser nicht trüb und nicht röthlich gefärbt.

In allen 3 Portionen ist der Kochsalzgehalt des Blutwassers (p. m.) bestimmt worden.

$k = 5{,}80$

k' in No. $1 = 5{,}59$, in No. $2 = 5{,}19$, in No. $3 = 5{,}00$.

Nach der vorher angegebenen Methode berechnet enthielt das Serum nach der Verdünnung des Blutes mehr Kochsalz auf 1000 Theile als vor der Verdünnung, nämlich

in No. 1: 0,12855

in No. 3: 0,1496

(Wegen der abnormen Beschaffenheit des Blutwassers ist No. 2 nicht weiter berücksichtigt worden).

Auf 100 Theile Blutkörperchen kommt dann ein Verlust

in No. 1 von 0,0381

in No. 3 von 0,0489

Das von dem Cruor abgegebene Kochsalz verhält sich zu dem aufgenommenen Wasser

in No. 1 wie 1:59, in No. 2 wie 1:127, in No. 3 wie 1:151.

Versuch 3.

Dieser Versuch weicht nicht bloss darin von den beiden vorhergehenden ab, dass er am defibrinirten Blute angestellt wurde, sondern, was die Hauptsache ist, darin, dass bei ihm statt der directen Bestimmung des Wassergehaltes bloss festgestellt wurde, welche Veränderung das specifische Gewicht des mit Wasser versetzten Blutwassers durch das Schütteln mit Cruor erlitt. Wie sich nachher zeigen wird, ist eine Umsetzung dieser Werthe in die der Wassermengen, welche von den Blutkörperchen aufgenommen werden, ohne grosse Fehler ausführbar. Wichtig ist dieser Versuch dadurch, dass der Wasserzusatz zu fünf verschiedenen Portionen des Blutwassers in einer bestimmten Proportion geschah, so dass, da die Cruormenge in allen dieselbe war, das Gesetz, nach welchem die Veränderung erfolgt, recht deutlich an den Tag treten konnte.

Das Blut war einem gesunden Pferde aus der Halsader entnommen. Nachdem es defibrinirt und durchgeseiht war, blieb es einen Tag in einem geschlossenen Gefässe stehen. Das dann abgeschöpfte Serum hatte bei derselben Temperatur, bei welcher

Digitized by Google

auch die übrigen Portionen gewogen worden, bei $17^1/_2$° C., ein Eigengewicht von 1024,1.

Die fünf Mischungen waren so gemacht, dass 1000 Gewichtstheile der Mischung 4, 8, 12, 16 und 20 p. m. Wasserzusatz enthielten. Mit jedem 1 p. m. erfuhr das specifische Gewicht eine Abnahme von 0,0241. Da das Serum 923 p. m. Wasser enthielt, so wurde dadurch der Wassergehalt bei jedem 1 p. m. Zusatz um 0,077 p. m. vermehrt.

Zu jeder der fünf Mischungen ward nun von den zu Boden gesunkenen Blutkörperchen die Hälfte des Volums zugesetzt. Nach dem Schütteln blieb das Blut 24 Stunden stehen, ehe das Serum zur Bestimmung des specifischen Gewichtes abgehoben wurde. Dies betrug

in	No.	1	(bei	4	p. m. Wasserzusatz)	1024,11
„	„	2	„	8	„ „	1024,06
„	„	3	„	12	„ „	1023,99
„	„	4	„	16	„ „	1023,91
„	„	5	„	20	„ „	1023,83

Damit war nun das specifische Gewicht zu vergleichen, wie es in den einzelnen Nummern vor dem Zusatz der Blutkörperchen gefunden war. — Falls nun in dem Cruor noch Serum eingeschlossen gewesen wäre, so würde das Wasser mit mehr als 1000 Theilen Serum gemischt worden sein. Es hatten sich zwar die Blutkörperchen vor dem Abheben des Blutwassers bis zu dem niedrigsten Niveau schon gesenkt, und mit der Pipette war der Cruor aus der tiefsten Schicht genommen, allein dass alles Serum zwischen den Blutkörperchen verdrängt worden sei, lässt sich nicht mit Bestimmtheit behaupten; es war daher nöthig auch diesen Fall zu berücksichtigen. Mit Sicherheit wird man annehmen können, dass der Einschluss des Blutwassers sich nicht bis auf ein Viertel des Volums des Cruors belaufen habe, indessen habe ich die Berechnung bis auf diese Unwahrscheinlichkeit ausgedehnt. Es würden dann bei einem Verhältniss von 1125 Serum zu 375 Cruor die Menge des Wassers im Serum statt um 1 p. m. nur um 0,8888 vermehrt worden sein. Das mittlere Verhältniss 1062 : 438 mit 0,9444 p. m. statt 1 p. m. kann möglicher Weise der Wirklichkeit sehr nahe kommen. In die folgende Tabelle sind die Differenzen des für jede Nummer gefundenen specifischen Gewichtes von dem in der Mischung unmittelbar vorhandenen (I) und von

Digitized by Google

dem bei Annahme der angegebenen grössten Serummenge, mit welcher das Wasser gemischt wurde (II), sowie von dem als Mittel von I und II berechneten eingetragen. Das nach der Einwirkung der Blutkörperchen gefundene specifische Gewicht war höher als das von I und II und zwar

	I	II		
in No. 1	um 0,1064	— 0,0960,	im Mittel	um 0,1012
„ 2	„ 0,1528	— 0,1314,	„ „	„ 0,1421
„ 3	„ 0,1792	— 0,1470,	„ „	„ 0,1631
„ 4	„ 0,1956	— 0,1527,	„ „	„ 0,1741
„ 5	„ 0,2120	— 0,1584,	„ „	„ 0,1852

Werden die Mittelzahlen durch die auf jede Nummer fallende Menge des an die Stelle von Serum zugesetzten Wassers dividirt, so kommen auf je 0,9444 p. m. Wasser eine Erhöhung des specifischen Gewichtes

in No. 1	von 0,0253
„ 2	„ 0,0196
„ 3	„ 0,0136
„ 4	„ 0,0109
„ 5	„ 0,00926

Somit ist ersichtlich, dass je grösser die Menge des Wassers ist, welche die Mischung enthalten hatte, desto geringer die Veränderung wird, welche die Blutkörperchen auf die Einheit des Zusatzes hervorbringen.

Bei dem geringsten Zusatz (in No. 1), der im Mittel 3,778 p. m. beträgt, kommt nun die auffallende Erscheinung vor, dass das specifische Gewicht durch die Blutkörperchen sich höher herausstellt als das der angewandten Mischung. Wie dies ohne dass man die Annahme eines Fehlers in der Beobachtung nöthig habe, zu erklären sei, wird sich bald ergeben.

Wir kommen nun zu der Frage, ob und wie sich die für das specifische Gewicht gefundenen Veränderungen in die des Wassergehaltes umwandeln lassen. Wollte man hierbei bloss das oben berichtete Verhältniss 1 p. m. Wasserzusatz = 0,0241 Verminderung des specifischen Gewichtes verwenden, so würde man zu durchaus falschen Resultaten gelangen, denn wie der Versuch 2 ergeben hat, es tritt Kochsalz aus den Blutkörperchen in das Serum über, wodurch gleichfalls das specifische Gewicht erhöht werden muss. Es ist also zuerst zu untersuchen, welchen Antheil jeder dieser

Digitized by Google

beiden Factoren an der Veränderung hat. Dies ist nur möglich, wenn aus dem Versuche 2 sich Folgerungen ziehen lassen, welche zu diesem Zweck benutzt werden können.

Es hatte sich im Versuch 2 ergeben, dass je geringer die dem Blute zugesetzte Wassermenge ist, desto mehr Kochsalz aus den Blutkörperchen für dieselbe Menge von dem Cruor aufgenommenen Wassers austritt. Es entsprach nämlich dem Wassereintritt 7,42 und 2,31 ein Salzaustritt von 0,049 und 0,039 auf 100 Thl. Cruor. Setzt man diese Reihen weiter fort, so gelangt man bei 0,14 Wassereintritt zu einem Salzaustritt von 0,0348, also zu einem Verhältniss von 4 : 1. Ob bei noch geringerem Wassereintritt der Quotient sich noch mehr verkleinert, was nicht wahrscheinlich ist, können wir deshalb bei der vorliegenden Frage dahingestellt sein lassen, weil bei einem Zusatz von 4 p. m. Wasser auf 1500 Blut, wie er in No. 1 gemacht ist, nach dem Gesetz, wie das Wasser sich zwischen Serum und Blutkörperchen vertheilt, aller Wahrscheinlichkeit nach der Bruchtheil des zugesetzten Wassers, der von 100 Thl. Blutkörperchen aufgenommen wurde, nicht viel unter 0,14 p. c. des Cruors liegen kann. — Ist nun in unserem Falle 1 Theil Kochsalz auf 4 Theile Wasser ausgetreten, so lässt sich berechnen, welchen Antheil dies Kochsalz an der Erhöhung des specifischen Gewichtes über das des nicht mit Cruor geschüttelten Blutwassers, welche im Mittel 0,1012 betrug, haben muss, nachdem vorher durch einen Versuch ermittelt ist, um wie viel 0,1 p. m. Kochsalzzusatz das Eigengewicht des verwendeten Serums erhöht. Die Steigerung beträgt 0,0715. So findet sich nun, dass an der Erhöhung des specifischen Gewichtes um 0,1012 sich betheiligen 0,4988 p. m. Wasserverlust mit 0,0120 und 0,1247 p. m. Kochsalzaufnahme mit 0,0892. Somit sind 3,778 weniger 0,499 = 3,279 Wasser im Serum geblieben, oder 86,8 pc. der zugesetzten Wassermenge, während 13,2 p. c. in die Blutkörperchen aufgenommen sind. Auf das aus 708,4 Theilen Serum und 291,6 Thl. Cruor künstlich zusammengesetzte Blut kommen 2,666 Theile Wasser, welche an die Stelle von Serum getreten waren. Ferner beträgt die Aufnahme von Wasser auf 100 Theile Blutkörperchen 0,1207.

Auf gleiche Weise lassen sich auch die anderen Nummern behandeln; ich beschränke mich aber auf No. 5 und auch hier nur auf eine kurze Angabe der Factoren und des Facits der Berechnung. Auf Grund der im Versuch 2 erhaltenen Reihen findet

Digitized by Google

man, dass bei einer Vermehrung des Blutes um 13,333 p. m. Wasser (20 p. m. auf Serum) etwas über 0,035 Kochsalz aus 100 Theilen Cruor austreten müssen, also auf 437,5 in 1500 Theilen Blutmischung 0,155. Diese entsprechen einer Zunahme des specifischen Gewichtes des vorhandenen Blutwassers um 0,111, so dass also der Rest von der oben gefundenen Erhöhung des specifischen Gewichtes (0,185) 0,074 beträgt, welcher eine Wasserabnahme von 3,07 auf 1000 Theile Serum gleichkommt. Somit beläuft sich der Verlust für 1000 Theile Blut auf 2,046 p. m. Wasser, welche in den zugesetzten 13,333 p. m. Wasser an die Blutkörperchen abgegeben sind. Folglich theilen sich 100 Theile des Zusatzes in 15,35 für Cruor und 84,65 für Blutwasser, und auf 100 Theile Cruor beträgt die Wasseraufnahme 0,701.

Die Uebereinstimmung der Rechnungen für die beiden Nummern dieses Versuches mit den Resultaten der beiden ersten Versuche ist ein Beweis dafür, dass die Factoren der Rechnung richtig gewesen sind. Nur ein einziger derselben war den früheren Versuchen entlehnt, während die übrigen aus directen Bestimmungen hervorgegangen sind.

Bevor die allgemeinen Ergebnisse der beschriebenen Versuche hervorgehoben werden, will ich die einzelnen in einer Uebersicht zusammenstellen. Die Columne 1 gibt den Gehalt an Cruor auf 1000 Theile Blut an, 2 den der festen Bestandtheile in 1000 Thl. Serum, 3 die in 1000 Thl. Blut enthaltene Menge des zugesetzten Wassers, 4 die procentische Vertheilung dieses Zusatzes auf Cruor und Serum, 5 die Menge Wasser, welche von 100 Thl. Cruor absorbirt ist.

Versuch	1.	2.	3.	4.	5.
1. No. 1.	400	90,2	81,65	17,8 : 82,2	3,95
No. 2.	—	—	119,02	19,8 : 80,2	6,67
2. No. 1.	356	77,1	53,7	14,5 : 85,5	2,31
No. 2.	—	—	141,1	16,08 : 83,92	7,42
3. No. 1.	291	77,0	2,666	13,20 : 86,8	0,1207
No. 5.	—	—	13,333	15,35 : 84,65	0,701

Aus diesen Versuchen geht hervor

1) dass von dem zum Blute zugesetzten Wasser stets ein gewisser Theil, dessen Grösse nur innerhalb der

Digitized by Google

Breite von 13,2 — 19,8 pc. bei einem Wasserzusatz, der um das 50fache verschieden ist, schwankt, in die Blutkörperchen eindringt und

2) dass die Grösse der Aufnahme, sei es auf das ganze Blut oder auf dessen Cruorgehalt bezogen, in einer nur um ein Geringes stärker ansteigenden Proportion wächst wie die Menge des Zusatzes.

Das Maximum der gefundenen Aufnahme, welches noch nicht den Austritt des Blutrothes zur Folge hatte, betrug 7,42 auf 100 Theile Cruor.

Diese Gesetze zeigen sich schon bei Zusammenstellung der Versuche mit verschiedenem Blute, treten aber besonders scharf hervor bei den Versuchen mit demselben Blute.

3) Bei verschiedenem Blute vermehrt sich mit der Grösse des Gehaltes an Cruor bei gleich grosser Verdünnung die Totalmenge Wasser, welche das Serum an den Cruor abgibt.

Diess zeigt die Vergleichung der Versuche 1 und 2, wo im Mittel bei 1 die absorbirten Wasserprocente grösser sind, selbst bei geringerer Zusatzmenge.

Ob auch die Differenz im ursprünglichen Wassergehalt des Serum auf das Resultat Einfluss gehabt hat, bleibt vorläufig unentschieden.

4) Bei der Aufnahme von Wasser geben die Blutkörperchen Kochsalz (wahrscheinlich auch andere Salze) ab, und zwar desto mehr, je grösser der Eintritt des Wassers ist; die Steigerung der Abgabe des Salzes ist aber relativ zu der der Wasseraufnahme nur eine geringe.

Wenn bei sehr wenig Wasserzusatz sich das Wasser zum Kochsalz wie 4 : 1 verhält, so tauscht es sich gegen dasselbe bei dem grössten angewandten Wasserzusatz (Vers. 1 Nr. 3) in dem Verhältniss wie 151 : 1 aus, wobei die Vermehrung des Kochsalzes nur 40 p. c. der Anfangsgrösse beträgt.

Den Vorgang der Veränderung des mit Wasser versetzten Serums durch die Blutkörperchen, also den daraus erschlossenen Vorgang in diesen, der in Betreff des Austritts von Kochsalz räthselhaft erscheinen kann, wird man sich am besten in folgender Weise vorzustellen haben.

Von dem zugesetzten Wasser dringt stets nur ein kleiner, aber constanter Theil in die Blutkörperchen ein, und diese Vertheilungsweise des Wassers ist der Ausdruck der Stärke der Verwandtschaft, welche zwischen den festen Bestandtheilen der Blutkörperchen einerseits und denen des Serum andererseits zu dem

Digitized by Google

Wasser besteht. Eigenthümlich ist nun, dass von Seiten der Blutkörperchen mit wachsendem Wasserzusatz die Anziehung sich steigert.

Wie weiter unten näher dargethan werden soll, ist die Affinität des Blutroths zu dem Wasser, seine Löslichkeit und seine Diffundirbarkeit, durch den Sauerstoff und durch das Kochsalz beschränkt; mit Eintritt des Wassers lockert sich aber die Verbindung, und Kochsalz wird dem Haemoglobin entzogen.

Befände sich das Kochsalz in den Blutkörperchen ohne Anziehung von Seiten des Blutroths, so ständen sich in dem unverdünnten Blute zwei Salzlösungen einander gegenüber, von denen die eine in den Blutkörperchen 1 Theil Kochsalz auf 200 Theile Wasser (bei andern Säugethieren als bei dem Pferde ist noch weniger Kochsalz im Cruor), die andere im Serum 1 auf 150—160 enthält. Auch bei starker Verdünnung des Blutes bliebe dann immer noch die letztere Lösung concentrirter als die erstere, so dass ein Uebertritt des Kochsalzes von dieser zu jener als eine Ausgleichung nicht möglich wäre. Es müssen also, wenn derselbe aber dennoch erfolgt, hier andere Affinitäten im Spiel sein, und diese hat man in dem Haemoglobin zu suchen. Von demselben wird das in die Blutkörperchen eindringende Wasser in Beschlag genommen, so dass für das Kochsalz nur wenig übrig bleibt. Dadurch entsteht also gewisser Maassen eine concentrirte Lösung des Kochsalzes, aus welcher nun das Wasser des Serums einen Theil bis zur Ausgleichung der Affinitäten herüberzieht. Je mehr Wasser in den Blutkörperchen eindringt, desto mehr Kochsalz wird frei, das nun diesem Wege folgen kann. In demselben Maasse wird aber das Blutroth löslicher, bis es zuletzt in das Serum übertritt.

Anhang.

An den Blutkörperchen des Hundes habe ich vor Kurzem die Wirkungsweise des zugesetzten Wassers mikroskopisch verfolgt und ich erlaube mir hier das Ergebniss dieser Untersuchung, das etwas von den Angaben anderer Beobachter abweicht, anhangsweise mitzutheilen.

Das Wasser ward zuerst dem Blutwasser zugesetzt, und diesem dann Cruor des geschlagenen Blutes zugefügt. Der Zusatz des Wassers zu dem ganzen Blute konnte, da die beiden ersten Verhältnisse bestimmt waren, be-

Digitized by Google

rechnet werden. Erst am folgenden Tage nahm ich die mikroskopische Untersuchung vor.

Es kam zunächst darauf an zu sehen, in welchen Formen sich in dem unverdünnten Cruor die Blutkörperchen vorfanden. Es zeigten sich vier verschiedene, nämlich

1) biconcave runde Scheiben, also unveränderte Blutkörperchen, welche die Mehrzahl bildeten,

2) Scheibchen mit Körnern oder Höckern,

3) stachelige Körperchen, zum Theil flach und biconcav, zum Theil aber im Uebergange zu ellipsoidischen und sphärischen Formen,

4) glatte zu Ellipsoiden oder Kugeln abgerundete, deren Zahl die geringste war.

Diese verschiedenen Formen wandeln sich durch den Zusatz des Wassers von 1—10 p. c. zum Blut, ($1^1/_2$—13 p. c. zum Blutwasser) in folgender Weise um:

1) Die normalen Blutkörperchen werden nach und nach, in der schon längst bekannten Weise aufquellend, zu glatten Kugeln. Die Widerstandsfähigkeit der einzelnen Körperchen ist aber eine sehr verschiedene; einige platte blasse, den grössten Blutkörperchen im Durchmesser entsprechende, bleiben stets noch übrig.

2) Die Körner vermehren sich anfangs noch, wobei die Körperchen weicher werden, was sich aus der beim Fliessen leicht eintretenden Veränderung der Gestalt erkennen lässt. Zugleich sind sie klebriger, lassen sich schwerer isoliren. Bei stärkerem Zusatz von Wasser verschwinden die Körnchen.

3) Die Stacheln werden nach und nach kürzer, die scharfen Contouren verlieren sich, wobei das Körperchen weicher wird.

Die Endform bei allen ist eine glatte Kugel, welche desto blasser ist, je mehr das Wasser eingewirkt hat, und vor dem vollständigen Austritt des Blutroths den grössten Umfang hat.

Nach den Procenten des Zusatzes des Wassers treten die Veränderungen in folgender Weise ein:

(Die eingeklammerten Zahlen beziehen sich auf die Wasserzusätze zum Serum.)

1 pc. ($1^1/_2$): noch wenig Veränderung bemerkbar.

2 pc. ($2^1/_2$): Anfang des Aufquellens erkennbar. Die Zahl der ellipsoidischen ist vermehrt. Nur wenige Scheibchen stellen sich noch auf die Kante.

3—4 pc. ($3^1/_2$—$5^1/_2$): kein einziges ganz normales Körperchen findet sich noch, abgesehen von den wenigen grossen, blassen Scheibchen.

4—6 pc. (6—7,7): die Mehrzahl ist körnig, weich, klebrig.

7 pc. (9,1): die Körner verschwunden, aber noch stachelige Formen erhalten.

8 pc. (10): die Stacheln kürzer. Uebergang der Formen in Ellipsoide oder Kugeln.

10 pc. (12): fast alle Körperchen kugelig und blasser als vorher. Die

Digitized by Google

stacheligen noch nicht alle umgewandelt. Diese besitzen also die grösste Widerstandsfähigkeit.

B. Die Wirkung des Zusatzes von Kochsalz.

Diese zweite Reihe von Versuchen ist dadurch eine unvollkommenere als die erste, dass die Veränderung im Wassergehalt des Serum direct nur in einem einzigen derselben (No. 1) und hier aber zugleich mit der des Kochsalzgehaltes, in den anderen nur die des specifischen Gewichtes bestimmt wurde. Es lässt sich diese aber mit einem ziemlich grossen Grade der Genauigkeit in jenen umsetzen, so bald es erwiesen ist, dass vom Kochsalz nichts von den Blutkörperchen aufgenommen wird. Für die wichtigsten Resultate werde ich auch die Umsetzung versuchen, so dass eine Vergleichung mit den in dem ersten Versuch gewonnenen Resultaten ermöglicht wird. Uebrigens besitzen auch die bloss auf das specifische Gewicht beschränkten Bestimmungen desshalb Werth, weil sie die Proportion anzeigen, in welcher die steigenden Zusätze an Kochsalz auf das Blut verändernd einwirken. Ausserdem aber finden sie eine Verwendung bei der Vergleichung mit der Wirkung der Infusion von Kochsalz in die Adern eines lebenden Thieres.

Versuch 1.

Ein altes mageres Pferd lieferte ein Blut, dessen Serum ein spec. Gew. von 1026,06 bei 16°2 C. hatte und 85,9 p. m. feste Bestandtheile, darunter 5,58 Kochsalz besass. Zu 1000 Grm. Blutwasser wurden a) 5,84 Grm. und b) 11,68 Grm. geglühtes Kochsalz zugesetzt. Dann ward dasselbe mit einem gleichen Volum Blutkörperchen, die durch Absetzen aus dem geschlagenen Blut erhalten waren, gemengt und geschüttelt, worauf dann ein neues Senken in einem verschlossenen Gefässe abgewartet wurde. Das dann abgehobene Serum hatte bei derselben Temperatur wie vorher in a ein spec. Gew. von 1027,89 und einen Wassergehalt von 82,8, in b dagegen 1031,9 und 85,3. Ein mit derselben Menge Kochsalz versetztes Serum, auf welches kein Cruor eingewirkt hatte, gab für a: 1030,03 und 91,2, für b: 1034,09 und 96,4. — Da nun auch hier möglich ist, dass der angewandte Cruor nicht frei von Serum war, so wurde weiter noch berechnet, wie viel in dem Falle, es habe dieses ein Viertel an jenem ausgemacht (wo dann auf 1000 Theile Serum nur 4,67 und 9,34 Kochsalz gekom-

Digitized by Google

men wären), die festen Bestandtheile im Blutwasser betragen haben würden. Die Zahlen sind für diesen Fall 90,1 und 93,5 p. m. — Der Gewinn an Wasser beläuft sich dann in a auf 7,3 statt 8,4 und in b auf 9,05 statt auf 11,1 p. m. Folgendes sind nun die zwei in dieser Hinsicht von einander verschiedenen Werthe bei a und bei b:

1) für die Menge (z) des in 1000 Theile Serum eingetretenen Wassers in derselben Weise wie in den oben beschriebenen Versuchen berechnet:

in a 88,2 — 101
in b 106 — 130

2) für die von 100 Thl. Cruor abgegebene Menge Wasser:

in a 10,1 — 11,7
in b 13,0 — 14,1

3) für diese Menge, wenn sie auf 1 p. m. Kochsalz im Serum bezogen wird:

in a 1,73 — 2,5
in b 1,11 — 1,51

oder für die zweite Hälfte des Zusatzes allein 0,49 und 0,52.

Also auf b nach Abzug von a kommt nur eine geringe Veränderung, nämlich 18—23 pc. der ganzen gefundenen.

Die Bestimmung des Gehaltes an Kochsalz in dem abgehobenen Blutwasser ergab 11,96 p. m. also 0,54 mehr als vorher in 1000 Thl. Serum gewesen waren (5,58 + 5,84 = 11,42). Die Richtigkeit dieser paradox erscheinenden Beobachtung in anderen Versuchen zu prüfen hat es mir leider neuerdings an Gelegenheit gefehlt.

Versuch 2.

Das specifische Gewicht des benutzten Pferdeserum war 1027 bei 11°25 C., und die Menge der festen Bestandtheile desselben betrug 82,7 p. m. Es wurden von einer Lösung, die 21 pc. Kochsalz enthielt, und deren spec. Gew. = 1143,94 war, zu sechs Portionen Serum so viel zugesetzt, dass der Kochsalzgehalt in 1000 Grm. Serum vermehrt war

in a um 2,0792 Grm.
„ b „ 4,1176 „
„ c „ 8,0776 „
„ d „ 15,5555 „
„ e „ 28,9655 „
„ f „ 35,0000 „

Digitized by Google

Dadurch stieg das specifische Gewicht mit jedem Gramm Kochsalz um 0,556, so dass es in f sich auf 1046,49 belief. Jede der einzelnen Portionen ward darauf mit einem gleichen Volum Cruor, wie er durch vollständiges Absetzen erhalten war, geschüttelt, worauf das Absetzen der Blutkörperchen in den verschlossenen Flaschen abgewartet wurde. Das abgeschöpfte Serum hatte nun in den einzelnen Portionen im Mittel aus mehrmaligen Bestimmungen bei der oben angegebenen Temperatur folgende specifische Gewichte:

a 1027,3
b 1027,7
c 1028,2
d 1030,4
e 1036,3
f 1039,0

Das Serum in den Nummern d und e zeigte eine leichte Trübung. Die Farbe war in allen unverändert, aber nach einiger Zeit röthete sich das in Berührung mit den Blutkörperchen gebliebene Serum in den zwei letzten Nummern. Der in denselben abgesetzte Cruor war ganz dickflüssig. — Die Blutkörperchen in a und b waren wenig verändert, noch zu Rollen verbunden; in c erschienen sie zum Theil aus der Verbindung getrennt und dann zackig. In d fast alle isolirt und fast alle, mit Ausnahme einiger normal gestalteter, gezackt. Auf den Objectträger gebracht gaben die Blutkörperchen in e und f Farbstoff an das Serum ab und erhielten dadurch eine blassere Färbung.

Der zugesetzte Cruor war wie immer den tiefsten Schichten entnommen und hatte 313,7 feste Bestandtheile. Es wurde auch hier für alle Nummern berechnet, wie gross die durch die Beimischung der Salzlösung bewirkte Zunahme des specifischen Gewichtes gewesen sein würde, wenn der Cruor noch $^1/_4$ seines Volums an Serum enthalten hätte.

Zum Behuf der Vergleichung ist nun in allen einzelnen Portionen die durch den Cruor hervorgebrachte Veränderung auf 1 p. m. Kochsalz bezogen worden und zwar in der Art, dass von der Zahl 0,556, welche auf das cruorfreie Serum kam, das gefundene specifische Gewicht des mit Cruor geschüttelten Blutwassers abgezogen wurde. Ausserdem dass die Subtraction die gefundenen specifischen Gewichte der sechs einzelnen Nummern betraf (A), wurde sie auch mit den Differenzen vorgenommen, welche die einzelnen auf ein-

Digitized by Google

ander folgenden Nummern der beiden verschieden behandelten Serummischungen lieferten und welche auf 1 p. m. Kochsalz bezogen wurden (B). Für die beiden daraus hervorgehenden Reihen sind ferner die zwei Fälle berechnet, in welchen der zugesetzte Cruor serumfrei (I) und serumhaltig (¼ Volum) gewesen wäre (II).

Es zeigen also wie gesagt die nachfolgenden Zahlen, welche der Kürze wegen nur auf 2 Decimale sich erstrecken, an, um wie viel das specifische Gewicht durch die Einwirkung der Blutkörperchen hinter der ursprünglichen Zunahme von 0,556 zurückgeblieben ist.

	A.		B.	
	I	II	I	II
a	0,41	0,38	0,41	0,38
b	0,38	0,34	0,37	0,32
c	0,40	0,37	0,43	0,40
d	0,33	0,29	0,27	0,19
e	0,23	0,16	0,12	0,01
f	0,21	0,13	0,11	0,00

(Die Zahlen der mit II bezeichneten Columne sind dadurch entstanden, dass die Differenzen der gefundenen specifischen Gewichte, von denen, die für den Fall, dass das Salz statt in 1000 Th. Serum in 1250 gelöst worden sei, hervorgebracht gewesen wären, auf die bezüglichen Kochsalzmengen bezogen wurden. Wollte man sie auf 100 Th. Cruor berechnen, so müssten sie durch 0,075 dividirt werden, wie die in I durch 0,1.)

Hieraus ist also ersichtlich, wie die Wirkung der Blutkörperchen, je grösser der Zusatz des Kochsalzes, immer mehr abnimmt, bis sie zuletzt (in B. II) sogar gleich Null wird. Möglicher Weise kann die Grösse der Abnahme in b, welche die in c übertrifft, in einem kleinen Beobachtungsfehler liegen, der aller Sorgfalt ungeachtet vorgekommen sein müsste, jedenfalls hält sich bis c die Wirkung der Blutkörperchen fast auf gleicher Höhe und sinkt dann erst stark.

Zu einer Vergleichung der Ergebnisse dieses Versuches mit dem ersten eigenen sich a von diesen und das Mittel von b und c von jenem, denn die zugesetzten Salzmengen sind annähernd dieselben in beiden Versuchen, im ersten 5,84, im zweiten 6,09. Für den Fall, dass kein Serum in dem Cruor eingeschlossen gewesen wäre, kommen auf 100 Th. Cruor bei 1 p. m. Kochsalz hier 0,039, dort 0,037 Abnahme des spec. Gewichtes. Eine zweite Vergleichung von Vers. 1 b und Vers. 2 Mittel aus c und d, wo der Salzzusatz dop-

Digitized by Google

pelt so gross als in den ersteren Nummern war, also wieder fast ganz gleich, zeigte in Vers. 1 eine viel geringere Abnahme des specifischen Gewichtes als in Versuch 2. In beiden Versuchen waren in mehrfacher Hinsicht die Verhältnisse ungleich z. B. in der Temperatur der Luft, in dem Wassergehalt des Serums, aber von welchen derselben es abhing, dass die Blutkörperchen bei grösserer Salzvermehrung in dem einen stärker das specifische Gewicht herabsetzten als in dem andern, lässt sich ohne dass der Einfluss, den diese Verhältnisse besitzen, durch Versuche erforscht ist, nicht entscheiden.

Versuch 3.

Dieser Versuch wurde mit demselben Blute gemacht, welches in A Vers. 3 benutzt worden war. — Das Kochsalz löste ich unmittelbar in dem Blutwasser, so dass also kein Wasser beigemischt wurde. Desshalb ist in diesem Versuche die Erhöhung des specifischen Gewichtes, welche 1 p. m. Kochsalz entspricht, grösser als in Versuch 2, beträgt nämlich 0,715. Die zugegesetzten Mengen des wasserfreien Kochsalzes waren sehr gering: a. 0,2, b. 0,4, c. 0,6, d. 0,8 und e. 1,0 p. m. Die mit dem Serum geschüttelte Menge Cruor machte nur die Hälfte von dessen Volum aus. Das nach dem Sinken der Blutkörperchen abgehobene Blutwasser zeigte ein specifisches Gewicht

in a von 1024,17
„ b „ 1024,28
„ c „ 1024,41
„ d „ 1024,48
„ e „ 1024,56

Vergleicht man dasselbe mit dem Gewicht, welches das mit Kochsalz versetzte Serum ohne Einwirkung der Blutkörperchen besass, und berücksichtigt dabei die Möglichkeit, dass der Cruor noch $^1/_4$ seines Volums Blutwasser enthalten hätte, so findet sich, dass auf je 0,1 p. m. Kochsalz das Eigengewicht des mit Cruor geschüttelten Blutwassers in der Erhöhung hinter 0,0715 zurückgeblieben ist

in a	um	0,0302	—	0,0365	Mittel	0,0332
„ b	„	0,0204	—	0,0265	„	0,0234
„ c	„	0,0133	—	0,0197	„	0,0165
„ d	„	0,0180	—	0,0239	„	0,0209
„ e	„	0,0198	—	0,0255	„	0,0226

Digitized by Google

Diese Zahl bei e, die dem Zusatz von 0,944 (0,888 und 1,0) p. m. Kochsalz zukommt, ist dieselbe, welche man auch als Mittel aus der Addition sämmtlicher Differenzen erhält. Da sie die Wirkung ist von 437 (375—500) cc. Cruor bei 1125—1000 Serum, so beläuft sich die Herabsetzung des specifischen Gewichts von 1000 Thl. Serum für 1 p. m. Kochsalz auf 0,051, was der in Versuch 2 bei 1,871 p. m. Kochsalz auf 1 p. m. berechnete, welche 0,0475 beträgt, völlig entspricht, wenn man berücksichtigt, dass sie hier etwas geringer sein musste, weil die zugesetzte Kochsalzmenge etwas höher war.

Ich habe nun versucht die in den zwei letzten Versuchen gefundenen Differenzen des specifischen Gewichtes in Wasser umzusetzen, indem ich dieselben entsprechend dem verschiedenen Wassergehalt des Serums (82,7 und 77,1) mit 3,33 und 3,2 (den Quotienten der festen Bestandtheile in das specifische Gewicht) multiplicirte. Sodann berechnete ich auch in früher angegebener Weise die Menge Wasser, welche von 100 Thl. Cruor an das Blutwasser abgegeben waren. Diese Umwandlung kann keine grossen Fehler einschliessen, denn die Multiplicatoren für das specifische Gewicht sind hervorgegangen aus vielen früher angestellten Analysen. Falls auch etwas Kochsalz aus den Blutkörperchen in das Blutwasser überträte, wie im Versuch 1 geschehen ist, so würde deren Menge auf 100 Thl. Cruor und 1 p. m. Kochsalz berechnet doch so wenig betragen, dass wenn die durch sie bewirkte Erhöhung des specifischen Gewichtes in Anschlag gebracht würde, die Differenz des gefundenen specifischen Gewichtes von dem in dem Serum ohne Blutkörperchen durch das Kochsalz entstandenen für 100 Thl. Cruor nnd 1 p. m. Kochsalzzusatz in dem Versuch 2 nur um 0,00556 und im Vers. 3 nur um 0,00715 zu erhöhen wäre. Hätte ausserdem das Kochsalz auch noch etwas an Eiweissstoffen aus den Blutkörperchen ausgezogen, was aber nicht erwiesen ist, so müsste in das Blutwasser noch mehr Wasser als aus dem specifischen Gewichte berechnet ist, übergetreten sein, um dies so weit, wie gefunden ist, herabzusetzen. Also jedenfalls sind die aus der Berechnung hervorgegangenen Werthe nicht als zu hoch ausgefallen zu betrachten.

Es wäre nun ganz überflüssig die ausgetretenen Wassermengen für alle einzelne Nummern der Versuche anzugeben, weil das Gesetz der Abnahme des Austritts bei Vermehrung des Salzzusatzes

Digitized by Google

sich schon bei der Vergleichung der specifischen Gewichte zu erkennen gab; es wird zum Zwecke einer Vergleichung der in den drei Versuchen erhaltenen Werthe genügen, wenn bloss die bei dem geringsten Zusatz berechneten Wassermengen angeführt werden, wie sie von 100 Thl. Cruor, der bei seiner Anwendung als $^1/_8$ seines Volums Serum enthaltend angenommen, hier aber als serumfrei in Rechnung gebracht ist, abgegeben wurden.

Auf 1 p. m. Kochsalz, welches dem Serum zugesetzt wurde, kommen

im	Vers.	3	bei	0,944	p.	m.	Kochsalz	2,2	p. c.	Wasser
„	„	2	„	1,87	„	„	„	2,0	„ „	„
„	„	1	„	5,26	„	„	„	2,08	„ „	„
„	„	2	„	5,44	„	„	„	1,95	„ „	„

Bei der grossen Uebereinstimmung dieser Zahlen darf man als erwiesen ansehen, dass zwischen 1 bis 5 p. m. Zusatz von Kochsalz zum Serum der Wasserverlust der Blutkörperchen fast ganz proportional der Salzmenge ist, und für 1 p. m. Kochsalz in der Nähe von 2 p. c. der Blutkörperchen liegt. Mit dem Wachsen des Zusatzes sinkt aber die Abgabe beträchtlich und zwar, wie sich von selbst versteht, erscheint sie grösser, wenn sie auf die Differenz der einzelnen Zusatzmengen als wenn sie auf das ganze zugesetzte Salzquantum bezogen wird.

Bei dem angewandten Maximum des Kochsalzes in Versuch 2, 31,5 p. m., haben 100 Thl. Cruor 27,5 Wasser verloren, also da dessen Wassergehalt 68,7 p. c. betrug, 40 p. c. von diesem. Auf jedes 1 p. m. Kochsalz kommt dann 0,87 Verlust für 100 Thl. Cruor.

Die hauptsächlichsten Ergebnisse der mit Zusatz von Kochsalz zum Blute gemaehten Versuche lassen sich in folgende Sätze zusammenfassen:

1. Die Vermehrung des Kochsalzes im Blute bewirkt eine Verminderung des Wassergehaltes der Blutkörperchen.

2. Die Grösse der Veränderung ist bei demselben Blut abhängig von der Menge des Zusatzes, und bei gleichem Zusatz zu verschiedenem Blut steigt die Verdünnung des Blutwassers mit der Menge des Cruors.

3. Nur bei geringen Salzmengen ist diesen die Wirkung fast ganz proportional, bei stärkerem Zusatz nimmt die auf gleiche Theile Salz fallende Verdünnung des

Digitized by Google

Blutwassers mehr und mehr ab, bis sie zuletzt fast ganz aufhört.

4. Kochsalz dringt dabei nicht in die Blutkörperchen ein, im Gegentheil verlieren dieselben wahrscheinlich noch an Kochsalz.

Für den Austritt des Wassers bedarf es keiner erklärenden Worte; der des Kochsalzes wird weiter unten beleuchtet werden.

C. Versuche über die Wirkung der Kohlensäure und des Sauerstoffs auf die Diffusion zwischen Serum und Blutkörperchen.

Ueber diesen Gegenstand habe ich zugleich mit der Wirkung der Kohlensäure auf die Diffusion in anderen Geweben schon früher (s. Sitzungsbericht der Gesellschaft zur Beförderung der gesammten Naturwissenschaften in Marburg, 1874 Nr. 4) eine Mittheilung gemacht, welche wenig Beachtung gefunden hat, was sehr begreiflich ist, da derselbe für sich allein betrachtet wenig Interesse erwecken und in seiner Bedeutung nicht erfasst werden kann. Vielleicht gelingt es in der Verbindung, in welcher er jetzt betrachtet wird, einige Aufmerksamkeit auf ihn zu lenken. Es wird sich in dem Verlauf späterer Untersuchungen über die Transsudation aus den Haargefässen zeigen, dass er in der That unsere volle Beobachtung verdient. Ich erlaube mir nun hier nicht bloss das damals Vorgetragene zu wiederholen, sondern unter Hinzufügung der nöthigen Belege weiter auszuführen.

Das bei den Versuchen mit kohlensaurem Gase eingeschlagene Verfahren bestand darin, dass in ein Stöpselglas mit enger Oeffnung, in welches Serum und Cruor von defibrinirtem venösem Pferdeblut in einem bestimmten Verhältniss gebracht war, Gas, das vorher eine Lösung von kohlensaurem Natron passirt hatte, durch ein Rohr geleitet wurde. In der Vorlage hatte das Gas alle etwa beigemischten salzsauren Dämpfe abgesetzt, wie durch eine Prüfung constatirt wurde, und sich mit Wasserdampf gesättigt. Von Zeit zu Zeit schüttelte ich nach Schliessung des Glases das Blut und wiederholte dies so oft, bis dasselbe ganz dunkel geworden war und bei dem Schütteln eine Absorption nicht mehr zeigte. Nachdem dann die Blutkörperchen sich vollständig gesenkt hatten, ward das Blutwasser abgehoben und mit dem

Digitized by Google

nicht durch Kohlensäure veränderten verglichen. Bei der Bestimmung des specifischen Gewichtes ward ausser auf die gleiche Temperatur stets hinreichend dafür gesorgt, dass alle Gasbläschen durch Klopfen des Gläschens und ruhiges Stehenlassen vor der Wägung vollständig beseitigt waren. In fünf unter der übrigen grossen Anzahl von Versuchen ward auch der Gehalt an festen Bestandtheilen im Ganzen und insbesondere an Kochsalz bestimmt.

Das Blut in Nr. 1 war einem jungen kräftigen Pferde entnommen, das von Nr. 2 einem jungen weniger gut genährten, das von Nr. 3 einem alten und das letzte von einem sehr alten gesunden Thiere. Nr. 3 a und b betreffen dasselbe Blut; der Unterschied zwischen beiden Portionen bestand darin, dass b stärker mit Kohlensäure geschwängert wurde, so stark nämlich als ohne Anwendung von Drucksteigerung möglich war, und dass die Wägung bei niederer Temperatur als in a geschah. Auch in Nr. 4 war die Imprägnation sehr stark.

In Nr. 3 und 4 waren die Volumina von Serum und Cruor gleich gross, in Nr. 1 und 2 das des letztern nur halb so gross.

Die fünf Columnen der nachstehenden Tabelle enthalten folgende Werthe, bei denen die obere Zahl das mit Kohlensäure behandelte Blut betrifft: 1. die specifischen Gewichte, 2. den Gehalt an festen Bestandtheilen in 1000 Thl. Serum, 3. den Kochsalzgehalt, 4. die Menge Wasser, welche in 100 Th. Cruor eingetreten ist, 5. die damit zugleich eingedrungene Menge Kochsalz.

	1.	2.	3.	4.	5.
Nr. 1.	1029,24	90,20	5,49		
	1028,20	88,7 (?)	5,82	3,71	0,085
	+ 1,04	+ 1,5	— 0,33		
Nr. 2.	1027,43	88,0	5,23		
	1026,18	85,9	5,48	4,77	0,074
	+ 1,25	+ 2,1	— 0,25		
Nr. 3a.	1031,2	94,68	5,42		
	1028,5	84,40	5,80	5,57	0,068
	+ 2,7	+ 5,28	— 0,38		
b.	1032,11	98,4	5,35		
	1028,59	91,6	5,94	6,91	0,096
	+ 31,52	+ 6,8	— 0,59		
Nr. 4.	1033,30	101,2	5,13		
	1029,51	93,2	6,02	7,90	0,1295
	+ 3,79	+ 8,0	— 0,89		

Digitized by Google

Ausserdem wurden in Nr. 1 die sämmtlichen aus dem Serum erhaltenen löslichen Salze gewogen. Sie betrugen 7,07 und 7,63 p. m., so dass sich ein Verlust von 0,56 p. m. für das geschüttelte Blut herausstellte.

Bei der Ziehung des Mittels für die drei ersten Werthe ist für Nr. 1 und 2 angenommen worden, dass die Differenz noch einmal so gross gewesen wäre, wenn der Cruor so viel betragen hätte als in drei anderen Fällen, also noch ein Mal so viel. Die Mittelzahl ohne diese Correction ist in Klammern beigefügt.

1) Vermehrung des specifischen Gewichtes beträgt 2,918 (2,54) p. m.

2) Die Zunahme an festen Bestandtheilen 5,457 (4,74) p. m.

3) Der Verlust an Kochsalz 0,614 (0,486) p. m.

4) Die Aufnahme von Wasser auf 100 Thl. Cruor 5,772.

5) Die von Kochsalz 0,09051.

Fassen wir die Veränderungen zusammen, welche die Kohlensäure im Blute hervorbringt, so sehen wir:

1) dass das specifische Gewicht des Blutwassers sich vermehrt und die Grösse dieser Zunahme abhängt

a) von der Menge des vorhandenen Cruors und

b) von der Stärke der Imprägnation;

2) dass ziemlich proportional mit dieser Veränderung die Menge der festen Bestandtheile wächst; so wie

3) dass das Blutwasser mit dem Wasser auch Kochsalz verliert.

Die versuchte Berechnung der in die Blutkörperchen eingedrungenen Menge Wasser und Kochsalz ging von der Voraussetzung aus, es sei die Veränderung der festen Bestandtheile des Blutwassers bloss durch den Austritt von Wasser mit Einschluss von etwas Kochsalz bedingt. In diesem Falle lässt sich der Verlust nach der Formel $\frac{1000\,(f-f')}{f-\varphi}$ berechnen, wo $f-f'$ den Verlust an festen Bestandtheilen in 1000 Theilen Serum bezeichnet und $f-\varphi$ die Differenz zwischen den festen Bestandtheilen des durch die Kohlensäure veränderten Blutwassers und denen der ausgetretenen Flüssigkeit, welche letztere durch den Unterschied im Kochsalzgehalt der beiden Portionen Blutwasser gegeben sind. — Der Verlust an Kochsalz wurde berechnet, indem mit dem Kochsalzgehalt in 1000 Th. des ursprünglichen Serums der ganze verglichen

Digitized by Google

wurde, welchen das veränderte Serum nach Abzug des durch den cruor bewirkten Verlustes von salzhaltigem Wasser (D) noch besitzt, also = K $(1 - D/_{1000})$. — Die für 1000 Th. Blutwasser erhaltenen Werthe wurden dann auf 100 Thl. Cruor bezogen. — Für das Verhältniss des so berechneten Verlustes an Kochsalz zu dem an Wasser ergeben sich in den fünf Nummern folgende Werthe: 22,9, 15,2, 12,1, 13,9 und 16,4, ein Mittel 15,7 auf 1000 Theile Wasser.

In wie weit nun die Annahme unrichtig sein könnte, dass die Zunahme der festen Bestandtheile des Blutwassers bloss auf Abgabe von Wasser beruhe, wird die weitere Betrachtung ergeben. Zuvörderst fragt es sich aber, welchen Antheil an der Erhöhung des specifischen Gewichts die Anwesenheit von diffundirter Kohlensäure im Blutwasser habe. Die Grösse desselben lässt sich sowohl dadurch ermitteln, dass man durch Schütteln mit atmosphärischer Luft die absorbirte Kohlensäure aus dem abgehobenen Serum austreibt, als dadurch dass man untersucht, um wie viel sich das Blutwasser eines Pferdes durch Schwängerung mit Kohlensäure schwerer machen lässt, indem man mit dem Serum gerade so verfährt wie in den beschriebenen Versuchen mit dem Blute. Diese Zunahme betrug in der Mehrzahl der Versuche 0,38—0,48 auf 1000 Thl. Serum, einige Mal aber auch mehr, so bei dem Serum von Nr. 4 0,66. Eine ebenso grosse Veränderung fand sich bei dem Serum des Blutes von Hunden, 0,49—0,605.

Die Austreibung der Kohlensäure aus dem Serum, das von dem mit dieser gesättigten Blute abgehoben war, geschah unter den nöthigen Cautelen gegen Fehler aus Verdampfung mit gleichzeitigem Controllversuche an unverändertem Serum. Es verlor das Blutwasser in Nr. 1 von dem 1,04 betragenden Gewinn 0,30 auf 1000, in Nr. 3a 0,42 von 2,7 und in Nr. 3b 0,66 von 3,52, also im Mittel 0,457 von 2,41 = 19 p. c.

Die absorbirte Kohlensäure lässt sich aus dem Blutwasser durch 5—10 Secunden langes Schütteln mit atmosphärischer Luft nicht vollständig wieder austreiben. Es versteht sich von selbst, dass man dabei die Fehler durch Verdampfung genau berücksichtigen muss, um ein genaues Resultat zu gewinnen. In einem Versuche, in welchem dies so weit als irgend möglich geschehen war, blieb von dem durch die Kohlensäure bewirkten Zuwachse des specifischen Gewichtes von 0,47 noch ein Rest von 0,13 zurück.

Digitized by Google

Dies rührt daher, dass ein Theil der Kohlensäure durch das Alkali zurückgehalten wird. — Im Blutwasser der Hunde befinden sich ungefähr 0,4 p. m. Natron = 0,68 kohlensaures Natron; in dem der Pferde erhielt ich aus drei Bestimmungen im Mittel 0,435 von jenem = 0,743 von diesem. Vergleicht man nun das specifische Gewicht einer Lösung von 0,7 p. m. einfach kohlensaurem Natron mit der von anderthalbkohlensaurem und von doppeltkohlensaurem Natron, wo in allen drei Lösungen die Menge der Basis gleich gross genommen ist, so findet man eine Differenz des specifischen Gewichtes von 0,14 und 0,19 p. m. Und dass in der That in der Umwandlung des kohlensauren Natrons ganz entsprechend gefundene Zunahme von 0,13 p. m. durch gebundene Kohlensäure bedingt war, liess sich dadurch beweisen, dass, nachdem eine gleiche Menge Weinsäure zu diesem und zu dem als Controlle dienenden vorher nicht mit Kohlensäure imprägnirt gewesene Blutwasser zugesetzt und die frei gewordene Kohlensäure entfernt war, das specifische Gewicht keinen Unterschied mehr darbot.

Somit ergibt sich, dass von der gesammten Zunahme des specifischen Gewichtes, welche das Serum eines mit Kohlensäure geschwängerten Blutes erfährt, 19 p. c. durch das diffundirte und gegen 5 p. c. durch das fixirte Gas bedingt sind, dass also im Ganzen fast $^1/_4$ nicht auf Rechnung des Verlustes von Wasser, sondern auf den Gehalt an Kohlensäure kommt.

Es war bei der vorher angestellten Berechnung der Wassermenge, welche bei der Einwirkung der Kohlensäure auf das Blut in die Blutkörperchen eintritt, vorläufig angenommen worden, dass die Vermehrung der festen Bestandtheile in 1000 Thl. Blutwasser nur die Folge sei von dem Austritt eines salzhaltigen Wassers, allein es wäre doch auch möglich, dass aus den Blutkörperchen feste Bestandtheile in das Blutwasser übergetreten sind. Diese können weder in Hämoglobin, wie die Farbe des Serums zeigt, noch in Paraglobulin, wie eine kaum als erforderlich anzusehende, aber doch noch angestellte Untersuchung nachgewiesen hat, bestehen, und es kann also sich hier nur um Eiweiss handeln. Den Nachweis könnte nur die Analyse des Cruor liefern, aber die Schwierigkeit desselben, welche mannigfacher Art ist und namentlich darin besteht, von dem mit Kohlensäure behandelten Blute einen ebenso serumfreien Cruor zu gewinnen als aus der andern Blutportion, habe ich bis jetzt noch nicht überwinden können, und es

Digitized by Google

fehlt deshalb der bestimmte Nachweis eines Austrittes von Eiweiss aus den Blutkörperchen. Aus der Wirkung des Sauerstoffes auf das Blut, welche, wie gleich besprochen werden soll, der der Kohlensäure gerade entgegengesetzt ist, lässt sich schliessen, dass das Eiweiss, falls es austreten sollte, auch wieder von den Blutkörperchen aufgenommen werden könne.

Zur Bestimmung des Gehaltes an Paraglobulin wurde das Serum von dem Pferde Nr. 1 benutzt. Bei der Verdünnung mit der zehnfachen Menge Wasser trübte sich sogleich das Serum des mit Kohlensäure geschwängerten Blutes, das andere erst nach Durchleitung des Gases. Nachdem beide Flüssigkeiten mit Kohlensäure geschwängert waren, liess ich den Niederschlag absetzen, worauf die darüber stehende so weit abgehoben wurde, dass jeder der beiden Niederschläge mit der möglich geringsten Menge Flüssigkeit, beide aber mit gleich viel derselben in Verbindung blieben. Durch absoluten Alkohol unlöslich gemacht, konnten die Niederschläge nun auf dem Filtrum ausgewaschen, dann nach dem Trocknen gewogen werden. In einer andern Portion des verdünnten Blutwassers ward der Eiweissgehalt bestimmt, so dass berechnet werden konnte, wie viel Eiweiss mit dem Paraglobulin durch den Alkohol niedergeschlagen war. In 1000 Theilen Serum des mit Kohlensäure behandelten Blutes erhielt ich 4,608, in dem des anderen 4,659 Paraglobulin.

Es sind an diesem Orte auch die Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung des Blutes zu erwähnen bezüglich der Frage, ob sich die Grösse der Blutkörperchen als durch die Einwirkung der Kohlensäure vermehrt erweisen lässt. Dies ist nicht der Fall, sondern im Gegentheil man findet den Durchmesser der Scheibchen etwa um $^1/_4$ verringert. Daraus lässt sich aber nicht eine Abnahme ihres Volumens folgern, weil dafür die Dicke ungefähr um $^1/_7$ zugenommen hat. Sehr leicht werden diese Raumverhältnisse an dem Pferdeblut erkannt, weil hier die Körperchen in Rollen aneinander liegen. Im Blute der Hunde, wo sie dagegen meist isolirt sind, sieht man deutlich, wie die dunkeler und weicher gewordenen Scheibchen ihre Biconcavität verloren haben, an deren Stelle sich bei manchen sogar eine Hervorragung zeigt. — Diese angegebenen Maasse sind zwar keineswegs ganz genau, aber es ist doch immerhin möglich aus ihnen das Totalvolumen annähernd zu berechnen. Es stellt sich eine Verminderung desselben heraus, wenn man das Verschwinden der beiden Dellen unberücksichtigt lässt, jedoch auch dann, wenn dieser Raum, welcher ungefähr $^1/_9$ des Inhalts des ganzen als Cylinder gedachten Blutscheibchens hinzufügt wird, ergibt sich noch nicht eine solche Zunahme durch

Digitized by Google

die Einwirkung der Kohlensäure, wie sie der Aufnahme von Wasser nach der vorher aufgestellten Berechnung entsprechen müsste. Diess bestätigt die Richtigkeit der Annahme, dass bei der Einwirkung der Kohlensäure die Blutkörperchen nicht bloss Stoffe aus dem Serum aufnehmen, sondern dafür auch andere, wenn auch nur in geringer Menge, an dasselbe abgeben.

Wenn ein mit Kohlensäure geschwängertes Blut mit atmosphärischer Luft oder mit reinem Sauerstoffgas geschüttelt wird, so treibt der Sauerstoff, von welchem dabei durch die Blutkörperchen ein Theil absorbirt wird, aus dem Serum die Kohlensäure aus, ausserdem aber macht er die Veränderung, welche durch die Kohlensäure entstanden war, wieder rückgängig, und wenn die Einwirkung fortgesetzt wird, so dass das Blut eine arterielle Färbung annimmt, so wird das Serum leichter als es ursprünglich war. Bis wie weit unter den Ausgangspunkt durch die atmosphärische Luft das specifische Gewicht des Blutwassers von venösem Blut, das nicht mit Kohlensäure behandelt worden, herabgesetzt werden kann, darüber habe ich zahlreiche Versuche angestellt. Je nach der Stärke der Röthung und nach dem Gehalt des Blutes an Cruor so wie nach Verschiedenheit anderer Verhältnisse, von denen sogleich die Rede sein wird, betrug die Herabsetzung 0,14 bis 0,41 p. m., im Mittel aus allen Beobachtungen 0,25. Das Resultat war ganz dasselbe, ob ein venöses Blut vor dem Gerinnen arteriell gemacht wurde oder erst nach dem Defibriniren. Dunkelte das Blut bei dem Stehen wieder, was wegen der höheren Wärme im Sommer früher als im Winter geschieht, so nahm das Gewicht des Serums wieder zu, und die Differenz zwischen dem Serum des nicht geschüttelten und des geschüttelten Blutes war am zweiten Tage schon um die Hälfte verringert. Dies ist die Folge der entwickelten Kohlensäure. Da deren Bildung schon rasch nach der Absorption des Sauerstoffs beginnt, das Blut aber, damit sich das Serum rein abscheiden kann, längere Zeit, in den Versuchen oft einen ganzen Tag, stehen bleibt, ehe das Blutwasser abgeschöpft wird, so ist gewiss die gleich nach der Röthung vorhandene Abnahme des specifischen Gewichts um einen nicht ganz unbeträchtlichen Theil grösser, als sie später gefunden wurde, und es wird dann das Verhältniss der Abnahme zu der Zunahme, welche die Kohlensäure bewirkt, kleiner sein als 1 : 9—10 (0,25: 2,54 = 1 : 10 oder 0,41 : 3,79 = 1 : 9).

Digitized by Google

Es kann von vornherein kein Zweifel obwalten, dass bei der Röthung des Blutes auch eine Diffusion zwischen Serum und Blutkörperchen stattfindet in entgegengesetztem Sinne, wie bei der Imprägnirung mit Kohlensäure, dass also der Wassergehalt des Serums sich vermehrt. Dies bestätigen auch die bei dem Abdampfen erhaltenen Rückstände; jedoch sind die Differenzen, welche ich gefunden habe, klein und nicht so zuverlässig, dass aus ihnen die Grösse des Vorganges dargethan werden könnte. Ich habe aber noch einen anderen Weg eingeschlagen um zu einem Resultat zu gelangen, nämlich die Bestimmung des Antheils, welchen die Austreibung der im Serum diffundirten Kohlensäure an der Erniedrigung des specifischen Gewichts hat. Durch Schütteln des Serums eines venösen Blutes mit atmosphärischer Luft vermag man das Eigengewicht nur sehr wenig zu vermindern; da aber wahrscheinlich der Sauerstoff bei Anwesenheit von Blutkörperchen anders wirkt, so musste ich noch einen anderen Weg versuchen. Dieser bestand darin, dass die Menge der Kohlensäure bestimmt wurde, welche durch das Schütteln mit der Luft aus dem Blute ausgetrieben wird, um dann aus ihr die Abnahme des specifischen Gewichtes des Blutwassers zu berechnen. Vermittels besonders dazu construirter Apparate fing ich die Luft auf, durch welche das Blut so arteriellroth als möglich gefärbt worden war. Die darin enthaltene Kohlensäure ward dann auf das Volumen Serum bezogen, welches das Blut besass. Aus dem Gewicht der Kohlensäure liess sich nun ermitteln, um wie viel das specifische Gewicht von 1000 Theilen Serum durch den Verlust herabgesetzt sein musste. Ich erhielt 3,66 (3,06—4,58) Volumsprocente Kohlensäure aus dem Blute, 6,1 (5,1—7,6) für das Serum. Durch ihre Abgabe müssen 1000 Thl. Serum um 0,12 (0,10—0,15) Theile leichter geworden sein, somit wieder von der oben angegebenen Abnahme (0,25 im Mittel, 0,41 im Maximum) etwa 48—35 Procent auf die Austreibung der Kohlensäure kommen. Dieser Antheil ist aber jedenfalls zu hoch, weil, wie schon erwähnt ist, das Blut in der Zeit, bis das Serum sich vollständig gesenkt hatte, schon wieder Kohlensäure gebildet haben muss. Dann ist ferner zu bedenken, dass auch die Blutkörperchen etwas Kohlensäure abgegeben haben bei der Röthung, so wie dass wahrscheinlich durch die sauerstoffhaltigen Blutkörperchen etwas kohlensaures Natron zerlegt worden ist, was vollständig im luftleeren Raum geschieht. — Aus allen

Digitized by Google

diesen Versuchen geht nun doch mit Gewissheit hervor, der Sauerstoff mache nur zu einem kleinen Theil dadurch das Serum leichter, dass er die Kohlensäure austreibt, hauptsächlich aber dadurch, dass er eine Diffusion zwischen Blutkörperchen und Serum bewirkt, welche der durch Kohlensäure erzeugten entgegengesetzt ist.

Durch die beiden Gase werden also die Affinitäten zwischen den beiden Bestandtheilen des Blutes verändert, was sich schon dadurch äusserlich zu erkennen giebt, dass nach der Behandlung mit Kohlensäure sich die Blutkörperchen langsamer senken. Diejenige Substanz des Blutes, welche durch die Gase am meisten verändert wird, ist unstreitig das Haemoglobin, und es ist höchst wahrscheinlich, dass diese Veränderung den Austausch hervorbringt. Wird der Sauerstoff durch anhaltendes Schütteln mit kohlensaurem Gase vollständig verdrängt, so ist eine Verbindung des Blutrothes mit Kohlensäure entstanden, welche eine grössere Anziehung zum Wasser hat als das Oxyhaemoglobin. Es kommt dabei noch nicht bis zu dem Grade der Verdünnung, in deren Folge das Blutroth aus dem Blutkörperchen in das Serum diffundirt, aber weit entfernt liegt dieser Punkt nicht, denn nach einiger Zeit fängt das Serum an sich zu röthen. Die Wahrscheinlichkeit, dass Eiweiss in das Serum dabei übergeht, ist oben besprochen worden. Dafür nimmt das Blutkörperchen eine kleine Menge Kochsalz aus dem Serum auf. Hier ist das Verhältniss anders wie bei einem Zusatz von Wasser zum Blute, wo das Serum, welches davon an den Cruor nur wenig verliert, wässriger geworden ist, während es hier an Concentration gewonnen hat. Andere thierische Gewebe wie Muskeln und Leber ziehen aus dem Blutwasser, in welches sie gebracht werden, stets mit dem Wasser Kochsalz an sich (s. meine oben citirte Abhandlung), aber die Blutkörperchen thun dies nur, wenn die Gleichgewichtslage der Affinitäten, in welcher sie sich befinden, durch die Einwirkung der Kohlensäure geändert wird.

So weit sind bis jetzt meine Untersuchungen über die Diffusion zwischen Blutkörperchen und Serum gediehen. Ob es mir vergönnt sein werde sie weiter fortzuführen, möchte ich bezweifeln. Vielleicht aber, dass jüngere Kräfte sich dieser Aufgabe unterziehen. Noch viel ist hier zu untersuchen. Abgesehen von der wünschenswerthen Wiederholung meiner Versuche bedarf die vorgelegte Ab-

Digitized by Google

handlung noch in mehrfacher Hinsicht einer Vervollständigung, so in Betreff des Verhaltens der Blutsalze bei den betrachteten Vorgängen, des Einflusses der Temperatur auf dieselben, der Modificationen, welche durch die Verschiedenheit in der Beschaffenheit des Blutes bedingt werden, und selbst in wie weit solche in einem und demselben Blute von der Menge der Blutkörperchen abhängig sind, ist von mir nicht genügend geprüft worden.

Ausserdem wäre namentlich bei den Versuchen mit der Kohlensäure eine controllirende Analyse des Cruors höchst wünschenswerth. — Ich betrachte also durchaus nicht die vorgelegten Untersuchungen als abgeschlossen. Je länger ich mich mit den die Diffusion zwischen Blutkörperchen und Blutwasser betreffenden Fragen beschäftige, desto mehr Fehlerquellen entdecke ich, desto mehr Schwierigkeiten fallen mir bei der Erklärung der Resultate auf. Das aber glaube ich annehmen zu dürfen, dass die aufgefundenen Thatsachen bei der Wiederholung der Versuche sich bestätigen werden, so wie dass die meisten Verhältnisse, welche für die Erklärung von Bedeutung sind, sich von mir angegeben finden.

Meines Erachtens ist es keine Täuschung, wenn ich behaupte, dass die noch wenig beachteten Diffusionsvorgänge in mannigfacher Hinsicht beim Stoffwechsel eine nicht unbedeutende Rolle spielen. Die Blutkörperchen sind gewiss nicht bloss „Fuhrleute für den Sauerstoff", denn ausser dass sie eine gewisse Menge Kohlensäure als Rückfracht fortführen, transportiren sie auch noch andere Stoffe. Erstlich, was gewiss nicht unwichtig ist, nehmen sie von Wasser und Salzen, die sie stets enthalten, je nach den Verhältnissen, unter denen sie sich befinden, das heisst nach der Zusammensetzung des Blutwassers, mehr als gewöhnlich auf oder geben davon einen Theil ab. Aber auch verschiedene organische Stoffe, mögen sie abnormer Weise in den Kreislauf gelangt oder aus dem Stoffwechsel hervorgegangen sein, dringen, wie z. B. das Pepton, wenn auch nur in kleiner Menge in die Blutkörperchen ein. Alle diese Tragkraft oder Anziehungskraft wechselt, steigt und fällt mit dem Alter der Zellen. Endlich können sie sich auch mit unorganischen Substanzen beladen, die dann fester in ihnen haften und sich so rasch nicht wieder ablösen. Ich denke hierbei an das Eisen, das sich in ihnen anzuhäufen vermag, mehr als wie es mit dem Haemoglobin in Verbindung sein kann, und

Digitized by Google

so ist es auch schon von anderen Metallen wie von Blei nachgewiesen, dass sie von den Blutkörperchen fixirt werden. Da geschieht es denn zuweilen, dass man vergeblich in dem Serum nach Stoffen sucht, die doch sicher vom Blut aufgenommen oder in dasselbe infundirt sind, während sie in den Blutkörperchen gefunden werden können.

Vielleicht genügen diese Bemerkungen um auf ein Feld aufmerksam zu machen, dessen weitere Bearbeitung gewiss der Mühe lohnen würde.

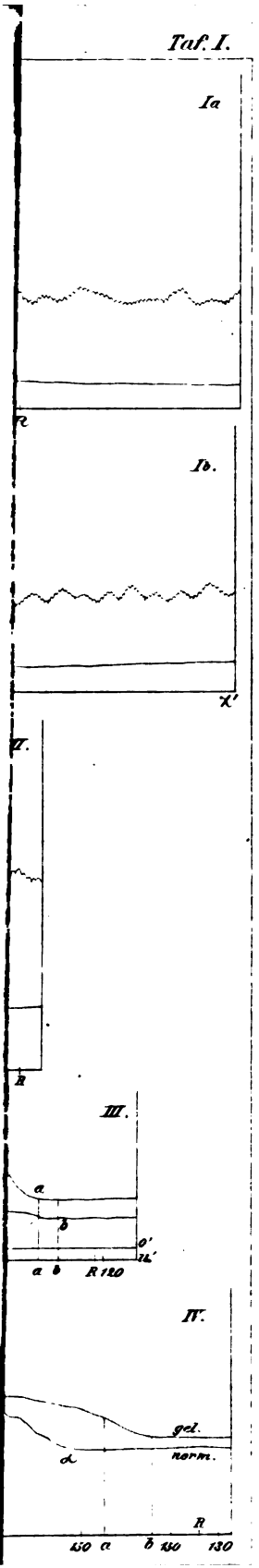
Berichtigungen.

Seite 265 und 315 ist in der kleinen Schrift mehrere Male ∂ statt d gesetzt.

Auf Taf. VIII. Fig. II. sind die beiden unteren Curven der Deutlichkeit halber um 7 mm tiefer gezeichnet worden, als sie im Original stehen. Diese Bemerkung, welche auf der Vorlage des Lithographen stand, ist von diesem aus Versehen weggelassen worden.

Universitäts-Buchdruckerei von Carl Georgi in Bonn.

Digitized by Google



auf ½ verkleinert.

Digitized by Google

Digitized by Google

Fig. 2

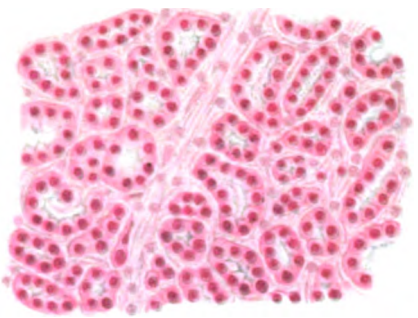


Fig. 4

Fig. 5

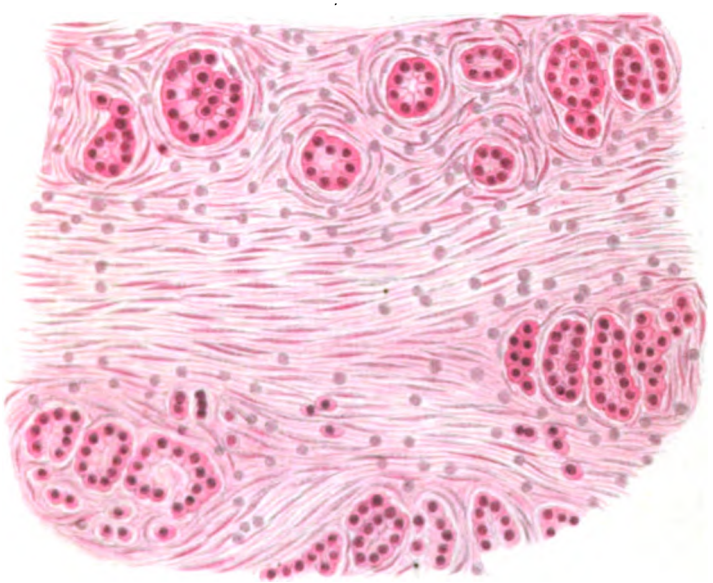


Fig. 3

Fig. 1

Digitized by Google

Digitized by Google

Fig. 5.

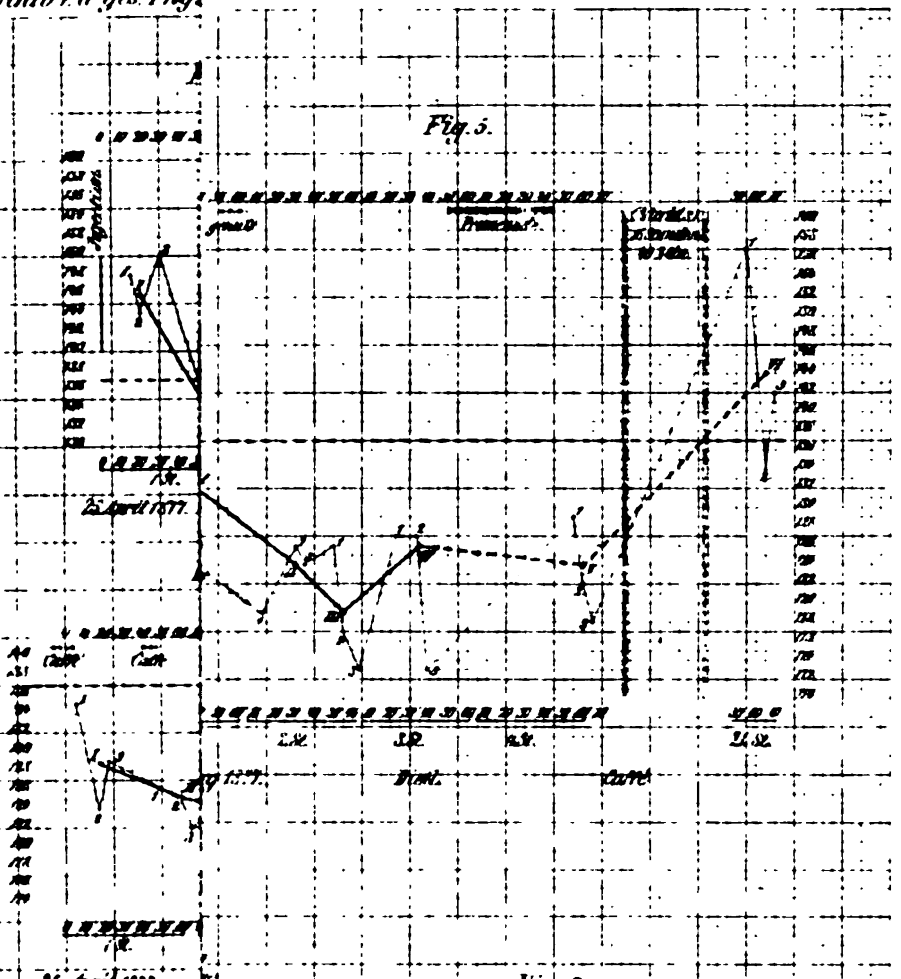
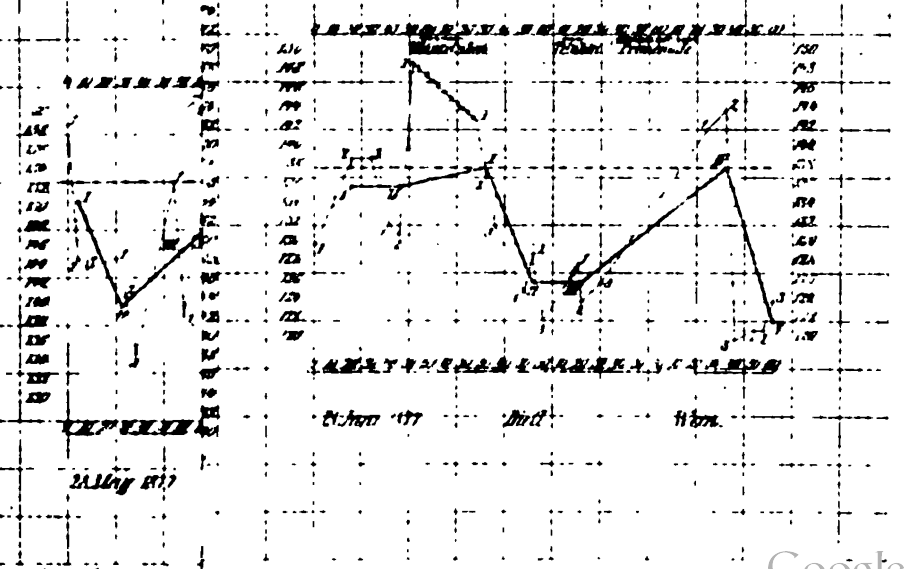


Fig. 9.



Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

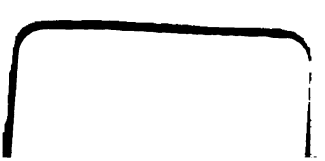
STANFORD UNIVERSITY LIBRARY

To avoid fine, this book should be returned on or before the date last stamped below

LIBRARY OF THE
SCHOOL OF BIOLOGY

Digitized by Google

590.5
A6732
v 16



Digitized by Google

Digitized by Google